

Virve Suvanto

# Varastoautomaatio osana varastoinnin tehostamista

Tekijä	Virve Suvanto
Otsikko	Varastoautomaatio osana varastoinnin tehostamista
Sivumäärä	51 sivua
Aika	12.12.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tuotantotalous
Suuntautumisvaihtoehto	logistiikka ja liiketoiminta
Ohjaajat	lehtori Jarmo Toivanen logistiikkapäällikkö Markku Parkkonen
<p>Insinööri työ tehtiin automaatioalan yritykselle ja sen aiheena oli varastoinnin tehostaminen layoutmuutoksen ja varastoautomaation avulla. Varastotilan ja toiminnan tehokkuuden ennustetaan olevan riittämätön yrityksen kasvutavoitteille. Tavoitteiksi asetettiin kohdeyrityksen varastotoimintojen nopeuttaminen ja säilytystilan lisääminen kolmanneksella vallinneesta tilanteesta varastorakennusta laajentamatta.</p> <p>Insinööri työssä kartoitettiin yrityksen varastoinnin nykytila ja päivitettiin vanhentuneet varastotiedot. Nykytilakartoituksen yhtenä osana oli työssäolojakso yrityksen varastossa, jossa tutustuttiin varaston toimintoihin ja fyysisiin tiloihin konkreettisesti. Toisessa osuudessa henkilöstölle laadittiin nykytilakartoituskysely, selvitettiin varaston varsinaiset säilytyspaikat ja tarkasteltiin varastotuotteiden tietoja viimeisen vuoden ajalta. Nykytilakartoituksen ja yrityksen emoyhtiön ohjeiden perusteella päivitettiin, mitkä ovat sopivia varastotuotteita sekä kuinka paljon tuotteita tulisi varastoida nykyisellä ja kasvavalla tarpeella. Tämän selvityksen jälkeen analysoitiin, miten tuotteiden lisääminen kolmasosalla vaikuttaa fyysiseen varastoon ja sen toimintoihin sekä minkälaisia ja kuinka paljon varastohyllypaikkoja tuotteet vaativat. Lopuksi selvitettiin varastoautomaation soveltuvuutta yrityksen tarpeisiin materiaalivirran kasvaessa ja sen vaikutuksia tilankäyttöön ja toimintojen tehostamiseen.</p> <p>Työn lopputuloksena esitettiin layout-ratkaisu, jossa hyödynnettiin pääosin kahta hissiperusteella toimivaa varastoautomaattia sekä läpivirtaushyllyjä pienipaikkaisten tasohyllyjen tilalle. Lopputuloksessa esitetyillä kahdella varastoautomaatilla voidaan lisätä varaston säilytystilaa ja nopeuttaa toimintaa noin 30 prosentilla. Tuloksien pohjalta voidaan tehdä tarkempia investointisuunnitelmia hissiperusteisen varastoautomaatin osalta ja laatia tarjouspyyntöjä laitevalmistajilta. Työn tuloksia voidaan hyödyntää myös muissa varaston kehittämissuunnitelmissa.</p>	
Avainsanat	varastoautomaatio, varastointi, layout, varasto

Author(s)	Virve Suvanto
Title	Storage automation as a part of efficient warehousing
Number of Pages	51 pages
Date	12 December 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management
Specialisation option	Logistics and Business
Instructor(s)	Jarmo Toivanen, Senior Lecturer Markku Parkkola, Logistics Manager
<p>This final year project was carried out for a company that operates in the automation industry and the subject of the thesis was storage automation as a part an efficient warehouse layout. The aim of the thesis was to find out an efficient warehouse layout by using storage automation in the target company. Warehouse and its functions were insufficient for the company's futures targets of increasing revenues. The purpose of the thesis was to investigate opportunities to increase warehouse functions. Thus the objectives were set to increase storage space and turnaround time of the warehouse in the target organization.</p> <p>The starting point was conducting a survey of the present situation in the warehouse and updating outdated information of warehouse. The survey of the present situation included a working period in the warehouse of target company, where the author explored the functions and the layout of the warehouse. The surveys continued by drawing up a questionnaire for the employees to find out the main view of the situation in the warehouse. All the product information was analyzed. Upon conclusions from the analyses the warehouse products and the storage space needed were optimized. The effects for warehousing on storage automation were reported accordingly.</p> <p>The thesis was concluded with a warehouse layout proposal for the target company, which included storage automation with elevator systems and FIFO-shelves. The project proved that it is possible to increase the speed of the functions and storages by 30 percent in the organization's warehouse with these two storage automations. The results can be used in comparing the investments of the warehouse.</p>	
Keywords	warehousing, layout, storage automation, warehouse

## Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Varastointi .....</b>	<b>4</b>
2.1	Varastoinnin määritelmä.....	4
2.2	Varaston hallinta ja ohjaus.....	6
2.3	Varastotoiminnot ja kustannukset.....	11
2.4	Varaston tilasuunnittelu ja layout .....	14
<b>3</b>	<b>Varastoautomaatio .....</b>	<b>16</b>
3.1	Automaatio .....	16
3.2	Varastoautomaation syyt, edut ja haitat.....	17
3.3	Paternosterit ja hissiperusteiset varastoautomaatit .....	18
<b>4</b>	<b>Projektin toteutus .....</b>	<b>22</b>
4.1	Yritys.....	22
4.2	Varaston nykytilakartoitus .....	23
4.2.1	Varaston nykytilakartoituskyselyn tulokset .....	23
4.2.2	Varaston layout ja toiminnot.....	26
4.2.3	Varaston kustannukset, resurssit ja kuormitus .....	29
4.3	Varastotuotteiden määrittäminen .....	32
4.4	Tarvittavan varastotason määrittäminen.....	35
4.5	Varastoautomaatin valinta ja vaikutukset varastointiin.....	40
4.5.1	Valinnan perustelut.....	40
4.5.2	Vaikutukset tilankäyttöön .....	42
4.5.3	Vaikutukset varastotoimintoihin .....	43
<b>5</b>	<b>Projektin tulokset ja suositukset.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>Yhteenveto.....</b>	<b>48</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>50</b>

## 1 Johdanto

Varastointi on kautta aikojen ollut keino turvata elämisen edellytyksiä tilanteissa, joissa materiaalin, tuotteiden tai komponenttien jatkuva ja tasainen saanti on ollut epävarmaa. Varaston suunnittelua ja valvontaa suoritettiin jo kauan aikaa sitten, jolloin ruokavarastoja kerättiin muun muassa talven varalle. Jälkeenpäin saatavuuden ylitettyä oman tarpeen, alkoi tuotteiden vaihtaminen ja jakelu paikasta toiseen. (Hytönen 2001.)

Globaalin logistiikan toimintaympäristössä uusimpia muutoksia ovat markkinoiden painopisteen siirtyminen Aasiaan, kiristyvät päästö määräykset ilmastomuutoskeskusteluiden ja energiantehokkuusvaatimusten myötä sekä logistiikan ja kuljetusjärjestelmien muutos. Nämä johtuvat muun muassa talouden murroksesta ja teollisten rakenteiden muuttumisesta. Ainakin muutosten osalta tapahtuva kehitys pakottaa tehostamaan logistisia ratkaisuja entisestään. Ratkaisujen myötä kuljetusjärjesteleminen koot kasvavat ja vauhti hidastuu ainakin merikuljetuksissa. (Rantala 2011.) Tämä vaikuttanee osaltaan myös varastojen lisääntymiseen ja kasvuun, jotta voidaan säästöistä huolimatta turvata nopea materiaalin saanti markkinoilla. Globaalissa toimintaympäristössä tilaus-toimitusketjujen verkostoissa tapahtuvat muutokset ja häiriöt vaikuttavat maailmanlaajuisesti ketjun kaikkiin osapuoliin, mitä pyritään hallitsemaan muun muassa varastoimisella. Varastointiin turvautuminen esimerkiksi yksityisissä talouksissa käy ilmi muun muassa vuoden 2010 kaupanalan lakon aiheuttamassa ruuan hamstraamisesta Suomessa, jonka vuoksi kauppojen varastot tyhjenivät joidenkin tuotteiden osalta (Tiessalo 2010).

Myös Suomen valtio varastoi, se varautuu yhteiskunnan kannalta elintärkeiden toimintojen turvaamiseen vakavien häiriötilanteiden sekä poikkeusolojen varalle muun muassa varmuusvarastoimalla polttoaineilta, viljaa, lääkkeitä ja kriittisiä raaka-aineita (Huoltovarmuuskeskus 2011). Varastointi ja siihen liittyvät toiminnot ovat yksi yritysten keskeisimmistä toiminnoista. Varastointi tukee yrityksen toimintaa sen tavoitteiden saavuttamiseksi. Se, miten varastointi kannattaa järjestää ja kuinka suuria varastoja kannattaa ylläpitää, riippuu yrityksen toimialasta, liiketoimintamallista

ja tavoitteista (Yritys-suomi 2011). Varastoinnin tehostamiseksi on kehitetty erilaisia ratkaisuja, kuten varastoautomaatteja ja viivakoodisysteemejä.

#### Aiheen kuvaus ja tavoitteet

Tässä insinööriyössä keskitytään varastoinnin tehostamiseen. Pyrkimyksenä on löytää kohdeyrityksen tarpeisiin optimaalinen varaston layout-ratkaisu. Varastoinnin tehostamiseksi tutkitaan varastoautomaation soveltuvuutta yrityksen tuotteille, tiloihin sekä toiminnoille. Lopputuloksena esitetään layout-ratkaisu, joka mahdollistaa ja tukee varastoinnin osalta yrityksen kasvutavoitteita tulevaisuudessa.

Kyseessä on automaatioalan yritys, jonka kasvutavoitteiden pullonkaulaksi ennustetaan muodostuvan varastointi. Varasto on toimiva kokonaisuus yrityksen nykyiselle tarpeelle, mutta se vaatii kehittämistä myynnin kasvamisen vuoksi. Yrityksen suunnitelmissa on kehittää ja luoda tarkoituksenmukaiset puitteet varaston eri toiminnoille, jotta toiminnot vastaavat tavoitteeseen kasvattaa liikevaihtoa kolmanneksella vuoteen 2015 mennessä.

#### Työn tavoitteet olivat

- kartoittaa yrityksen varaston nykytila
- päivittää tarvittavat varastotiedot emoyhtiön ohjeiden mukaisiksi
- selvittää kahden ensimmäisen kohdan perusteella varaston kriittisimmät puutteet sekä kehittämistä vaativat kohteet ja keskittyä niiden ratkaisemiseen
- selvittää automaation vaikutuksia yrityksen varastointiin, mikäli tilausrivien määrä kolminkertaistuisi
- luoda uusi layout-ehdotus.

Projektin tavoitteet ja rajaukset on luotu yhdessä yrityksen talousjohtajan, logistiikkapäällikön sekä laatu- ja henkilöstöpäällikön kanssa.

#### Aiheen rajaus

Projektissa ei oteta huomioon muita varastoinnin tehostamismahdollisuuksia kuin varastoautomaatio sekä säilytyshyllyjen ja layoutin muutokset. Varastoautomaation osalta keskitytään analysoimaan vain paterinosterin ja hissiperusteisen automaatin soveltuvuutta osaksi yrityksen varastointia. Varastohyllypaikkojen soveltuvuutta eri

tuotteille analysoitaessa tutkitaan vain varastossa jo olleiden säilytyshyllyjen soveltuvuutta osaksi varastokalustoa. Muutosehdotuksissa ei huomioida, mikä on investointi- ja kustannuslaskentojen perusteella halvin ratkaisu, vaan keskitytään täyttämään kohdeyrityksen tarpeet. Muutosehdotuksissa ei ole huomioitu rakennuslupien aiheuttamia rajoituksia.

#### Projektin toteutus ja tutkimusmenetelmät

Projekti toteutettiin kohdeyrityksen logistiikkapäällikön ohjaamana ja siihen osallistui yrityksen henkilökuntaa muun muassa vastaamalla nykytilakartoituskyselyyn. Pääosainen työskentely tapahtui yrityksen toimistotiloissa arkipäivisin, normaalien työpäivien mittaisina jaksoina. Projektin kesto oli yhteensä kolme kuukautta, johon sisällytettiin kuukauden työskentelyjakso yrityksen varastossa elokuussa 2011 ja kahden kuukauden jakso projektin tietojen keräämiselle ja analysoinnille. Teoriaosuus koottiin alan kirjallisuudesta, haastatteleamalla alan asiantuntijoita ja Internetistä. Projektin aikana osallistuin Tampereen logistiikkamessuille 2011.

#### Työn sisältö

Projektin teoriaosuudessa tarkastellaan varastointia projektin toteuttamiseen tarvittavien aiheiden osalta ja automaation vaikutuksia. Projektin toteutuksessa kerrotaan kohdeyrityksestä ja varaston nykytilasta ja päivitetään vanhentuneet varastotiedot asianmukaisiksi. Päivitetyt nykytilakartoituksen perusteella selvitetään, mitkä ovat varaston optimaalisia varastotuotteita sekä paljonko tuotteet vaativat säilytystilaa nyt ja tulevaisuudessa. Selvityksessä analysoidaan varastoautomaatin vaikutuksia erityisesti varaston toiminnan nopeuttamisen sekä tilansäästön kannalta. Tutkimuksen tuloksissa esitellään yrityksen tarpeet täyttävä uusi layout-ratkaisu, joka hyödyntää automaatiota.

## 2 Varastointi

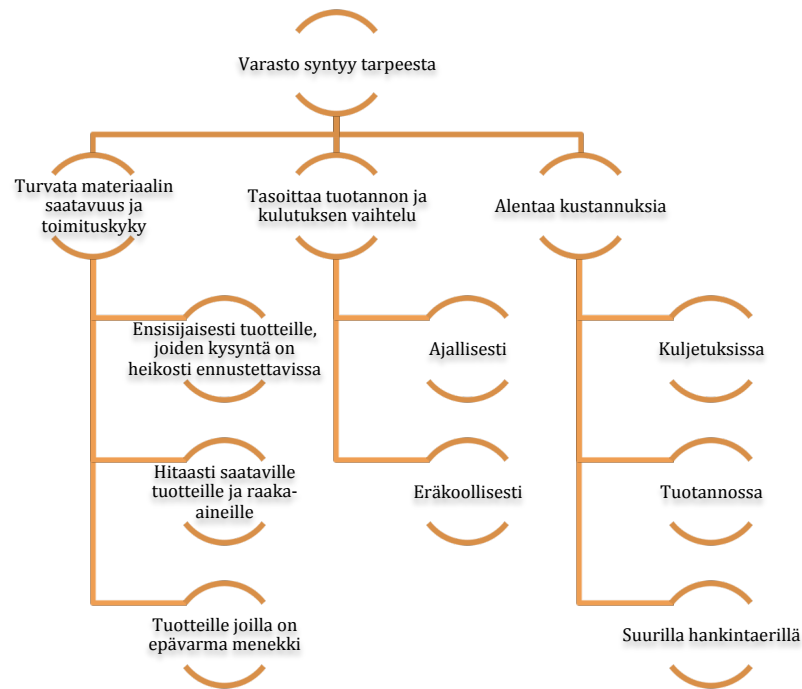
### 2.1 Varastoinnin määritelmä

Tilaus-toimitusketju koostuu sellaisten kontaktissa olevien ja toisistaan riippuvaisten organisaatioiden verkostosta, jotka yhdessä ohjaavat, hallitsevat ja kehittävät materiaali- ja informaatiovirtoja toimittajilta loppukäyttäjälle (Martin 2011: 4; Aitken 1998). Näiden kahden virran lisäksi tilaus-toimitusketjun hallinnan yhteydessä mainitaan usein myös pääomavirta (Karrus 2003: 13; Hokkanen ym. 2004: 15) sekä kierrätysvirta (Hytönen 2001).

Materiaalivirrat syntyvät materiaalin kuljettamisesta ja säilyttämisestä (Hytönen 2001). Materiaalivirtojen ohjaamiseksi ja tuloksen parantamiseksi tulee kehittää ja lisätä kaikkinaista yhteistyötä yrityksen ja sen yhteistyöverkostojen kanssa. Tämän jälkeen seurataan tavaratoimitusten oikeaa rytmiä sekä saapuvien ja lähtevien tavaravirtojen jatkuvaa tasapainoa yrityksissä. (Sakki 2003: 71.)

Varastointi on yksi toiminto koko tilaus-toimitusketjussa (Hokkanen ym. 2004: 140). Varastolla tarkoitetaan yleisesti fyysistä tilaa, jossa voidaan säilyttää tuotteita, materiaaleja tai komponentteja. Tämän lisäksi varastoksi voidaan mieltää esimerkiksi nimikettä kuljettava jakeluauto, kaupan tuotteelle antama esillepanopaikka sekä muut vastaavat tilat. (Karrus 2003: 35.) Varasto voi käytännössä olla mikä tahansa paikka, jossa tavara seisoo ja jossa sitä säilytetään pidemmän tai lyhyemmän aikaa (Hokkanen ym. 2004: 140). Tilamääritelmän lisäksi varastolla voidaan tarkoittaa myös hallittavaa logistista kokonaisuutta, jota johdetaan varastonohjauksella (Karrus. 2003: 35) tai yrityksen koko vaihto-omaisuutta huolimatta siitä, missä sitä fyysisesti säilytetään tai missä kohtaa arvoketjua se milloinkin on (Sakki 2003: 73). Kuvassa 1 havainnollistetaan, mistä eri tarpeista varastoja syntyy.





Kuva 1. Miksi varastoja syntyy? (Sakki 1994: 98; Hokkanen ym. 2004: 141; Karrus 2003: 35; Sakki 2003: 71; Hokkanen ym. 2004: 141; Yritystietous 2004.)

Varastojen pitämiseen liittyy paljon huonojakin puolia. Varastojen huonoja puolia ovat muun muassa niiden sitoma huomattava määrä pääomaa sekä varastoinnista ja materiaalien käsittelystä aiheutuvat merkittävän suuret kustannukset yritykselle. Suuren riskin muodostavat myös varastoitavat tuotteet, jotka voivat vanhentua teknisesti tai taloudellisesti varastossa. Uusi teknologia ja kehitys alalla saattaa korvata vanhat tuotteet, jolloin ne jäävät varastoon. Taloudellisella vanhentumisella tarkoitetaan tuotteen arvonlaskua markkinoilla, jolloin tuotteen varastointiaika on suoraan verrannollinen hintaan jolla se myydään eteenpäin. (Haverila ym. 2005: 445–446.)

Toimitusketjussa materiaalivirtaan kertyy paljon erilaisia, niin sanottuja turhia työvaiheita, jotka eivät saa aikaan tuotteelle lisäarvoa. Tällaiset toiminnot aiheuttavat kustannuksia, mutta eivät lisää asiakkaiden mielestä tuotteen arvoa. (Sakki 2003: 41.) Sakin mukaan niin sanottuja turhia varastotoimintoja ovat:

- varastoiminen eli tuotteiden säilytys
- vastaanottotarkistus ja hyllytys
- inventaariot
- kirjallisten ostotilausten teko

- myyntitilausten vastaanottotyö ja siirto tietojärjestelmään
- toimitusten valvonta
- laskujen tarkastus
- virheiden korjaus ja virheistä reklamointi.

## 2.2 Varaston hallinta ja ohjaus

Materiaalinhallinta on kokonaisuudessaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin ja jakelun hallintaa. Materiaalinhallinnan tavoitteet ovat halutun palvelutason ylläpito sekä materiaalihallinnon kokonaiskustannusten minimointi.

Varaston materiaalihallinnan tavoitteet on mahdollistaa haluttu palvelutaso suhteessa varastoitavien tuotteiden määrään ja pitää varastointikustannukset mahdollisimman matalina. (Haverila ym. 2005: 443–444.) Varaston materiaalihallinnan ongelmana on kuitenkin varastokustannusten minimoinnin aiheuttama ristiriita. Varastojen pienentäminen säästää varastointikustannuksia, mutta lisää puute- ja hankintakustannuksia. Varaston materiaalihallinnan haaste onkin löytää optimaalinen ratkaisu kustannusten pitämiseksi mahdollisimman pieninä. (Haverila ym. 2005: 443–444.)

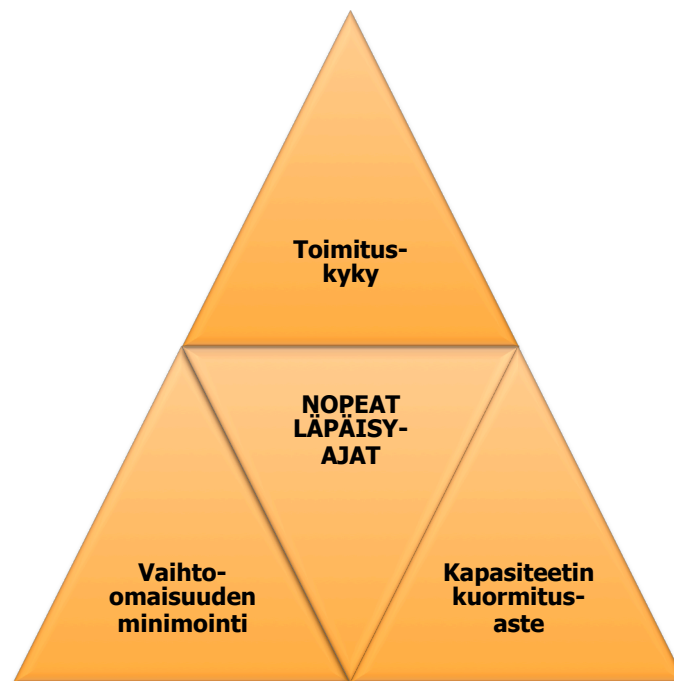
Palvelutaso määrittelee, kuinka hyvin yritys kykenee tyydyttämään tuotteidensa kysynnän. Palvelutaso on suoraan riippuvainen varaston määrästä, sillä mitä laajempi valikoima ja lajitelma yrityksellä on, sitä paremmin yritys pystyy tyydyttämään asiakkaidensa tarpeet. Varaston kasvattaminen ei kuitenkaan kasvata palvelutasoa samassa suhteessa. Palvelutason nostaminen 84 prosentista 96 prosenttiin vaatii nimittäin varaston kaksinkertaistamista. Yrityksen ei siis kannata pyrkiä tyydyttämään kaikkea kysyntää, sillä lisämyynnistä koituvat tulot saattavat kulua liian suuren varaston ylläpitämisestä aiheutuviin kustannuksiin. Palvelutason suhde varaston määrään kasvaa eksponentiaalisesti, niin että mitä suurempi varaston määrä on, sitä parempi on palvelutaso. (Kinkki & Lehtisalo 2004.) Palvelutasoa seurataan ja se määritellään tilaus-toimitusketjussa toimitusvarmuuden, -ajan, -täsmällisyyden, tiheyden ja -kyvyn avulla. Yksi tapa kehittää ja luokitella palvelutasoja on hyödyntää ABC-analyysia. (Ritvanen 2011: 27–28.)

ABC-analyysi perustuu 20/80-sääntöön, jossa 20 prosenttia asiakkaista tuottaa 80 prosenttia yrityksen liiketoiminnan volyymista ja vastavuoroisesti loput 80 prosenttia vain 20 prosenttia volyymista (Ritvanen 2011: 28). ABC-analyysia voi soveltaa useisiin eri ilmiöihin, mutta yleensä sillä viitataan materiaalivarastojen analysointiin. ABC-analyysissä A-tuotteet voivat 20/80-sääntöön perustuen koostua esimerkiksi 15 prosentista yrityksen tuotteita, B-tuotteet 30 prosentista ja C-luokan tuotteet 55 prosentista. A-tuotteet tuottavat noin 55 prosenttia voitosta, B-tuotteet 30 prosenttia ja C-tuotteet 15 prosenttia. ABC-analyysilla voidaan selvittää esimerkiksi kannattavat varastotuotteet sekä tuotteiden kannattavan sijoittelun varastossa. (Haverila ym. 2005: 457–458). A-tuotteiden palvelutason ei tarvitse olla sataa prosenttia, vaan se voi olla esimerkiksi 98 prosenttia, jolloin saman verran tilauksista kyetään toimittamaan suoraan varastosta. Esimerkkinä B-tuotteiden palvelutaso voi tällöin olla 90 prosenttia ja C-tuotteiden 85 prosenttia. (Ritvanen ym. 2011: 29.)

Varaston materiaalinhallintaa voidaan mitata ja analysoida esimerkiksi varaston läpäisyajan avulla. Läpäisyajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, jonka koko toimintaketju vaatii. Läpäisy aika ei ota kantaa tuotteen varastoimiseen, siirtämiseen tai muuhun vastaavaan kuluneeseen aikaan, vaan kuvaa nimenomaan tähän koko toimintaketjuun kulunutta aikaa. Yleensä valtaosa läpäisyajasta on odotusaikaa, jonka tuote seisoo eri toimintojen välissä. (Haverila ym. 2005: 401.) Läpäisyajojen lyhentämisellä on paljon positiivisia vaikutuksia yrityksen toimintaan ja kilpailukykyyn nähden. Lyhyet läpäisyajat vähentävät mahdollista keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, parantavat toimitusvarmuutta ja laatua sekä helpottavat kapasiteetin suunnittelua. Läpäisyajojen lyhentäminen on todettu erittäin tehokkaaksi keinoksi toiminnanohjauksen kolmen ristiriitaisen perustavoitteen parantamiseksi ja saavuttamiseksi. (Haverila ym. 2005: 402–404.) Kolmen toiminnanohjauksen perustavoitteen vaikutuksia toisiinsa havainnollistaa kuva 2.

Toiminnanohjauksella on kolme perustavoitetta:

- kapasiteetin korkea tuottavuus
- vaihto-omaisuuden minimointi
- toimitusvarmuus.



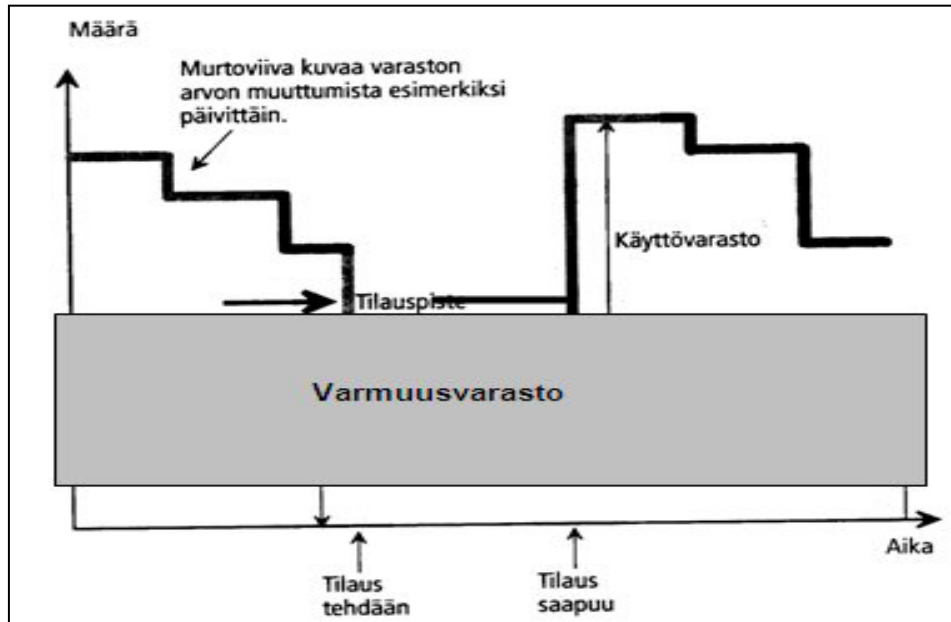
Kuva 2. Ristiriitaiset tavoitteet toiminnanohjauksessa (Haverila ym. 2005: 404)

Kapasiteetti on yrityksen tuotantokykyä kuvaava mittari. Tämä ilmoittaa tuotantoyksikön maksimisuorituskyvyn aikayksikössä. Kapasiteetti on mahdollista ilmaista tuoteyksikössä, mikäli tuotteiden kapasiteettivaatimukset poikkeavat vain vähän toisistaan. Kapasiteetti voidaan määritellä myös tuotantoresurssien käyttöaikana jos eri tuotteet poikkeavat toisistaan ja vaativat näin ollen erillisen määrän kapasiteettia. (Haverila ym. 2005: 399.) Varaston kokonaiskapasiteettia voidaan mitata esimerkiksi kokonaistyötuntien määrällä. Kuormitusryhmä on jokin kokonaisuus, jonka kapasiteettia ja kuormitusta tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena. Kapasiteetin hallinta pohjautuu työpisteiden kapasiteettiin sekä suunniteltujen töiden kuormitukseen. Kuormitus kertoo kuinka paljon suunniteltu myynti varaa eli kuormittaa varastokapasiteettia. Kuormitussuhde ilmaisee kuormituksen suhteen käytettävissä olevaan maksimikapasiteettiin jollain tietyllä ajanjaksolla. (Haverila ym. 2005: 400.) Nettokapasiteetilla voidaan selvittää todellinen kapasiteetti sulkien pois siitä muun muassa erinäiset sairastumiset, konerikot, virheiden selvittelyt, häiriöt ja huoltotyöt. Tämä on useasti vain 50–90 prosenttia teoreettisesta maksimikapasiteetista. (Haverila ym. 2005: 400.)

Varaston pääomaa ja materiaaivirtoja hallitaan varaston ohjuksella ja sen perustehtäviä ovat käyttö- ja varmuusvarastojen hallinta. (Ritvanen ym. 2011: 87.) Varastonohjaus on toimintaa, jolla pyritään tasapainottamaan kustannukset, toimituskyky ja laatu niin, että se antaa parhaan mahdollisen lisäarvon sekä asiakkaille että yrityksille (Hokkanen 2002: 222). Lisäarvoa asiakkaille tuovat tuotteen alhaiset kustannukset, toimitusvarmuus sekä toiminnan laatu. Mitä suuremman lisäarvon asiakas kokee saavansa tuotteesta, sitä halukkaammin tuote ostetaan (Ritvanen ym. 2011).

Käsite ”varasto” jaetaan usein käyttö- ja varmuusvarastoksi. Käyttövarastoksi luetaan se osuus varastosta, jonka oletetaan siirtyvän ketjussa eteenpäin sen seuraavalle jäsenelle, kun taas varmuusvarastot syntyvät tarpeesta ylläpitää palvelutasoa, jotka määrittelevät, kuinka suuri varmuusvarasto tarvitaan. Varmuusvarastoja tarvitaan turvaamaan tuotteiden riittävyys sellaisissakin tilanteissa, joissa kysyntä on odotettua suurempaa, tai tilanteissa, joissa täydennystilaus myöhästyy. (Lehtonen 2004: 123.) Varmuusvarasto sekä tilausvälin ja hankinta-ajan välinen kulutus eli arvioitu tilauserä koko muodostavat yhdessä yrityksen maksimivaraston (Ritvanen 2011: 88).

Varastonohjauksessa on tärkeää suunnitella, milloin varastoon tilataan lisää tuotteita ja minkä suuruisissa erissä tuotteita on kannattavaa tilata. Tilauspiste on menetelmä, jolla tuotteelle tehdään täydennystilaus tai tuotantomääräys, kun tuotteen varastosaldo laskee alle hälytysrajan eli tilauspisteen. Tilauspisteen määrittelyyn vaikuttaa hyvin paljon tuotteen menekin ennustaminen, joka on helppo perustaa tuotteen aikaisemmalle kysynnälle pitkällä aikavälillä. Jos kysyntä on epätasaista, varaston täydennystarve tulee ennustaa jotenkin muuten. Menekin ennustamisen lisäksi tilauspisteen määrittelyyn voivat vaikuttaa tilaus-toimitusajan pituus sekä tuotteen kokonaiskustannukset. Tavoitteena kaikille menetelmille on, ettei ei-toivottua puutetta pääse lainkaan tapahtumaan tai sen esiintymislodennäköisyys ja puutekustannukset ovat riittävän pienet. Puutteelle on mahdollista asettaa raja esimerkiksi tuotteen toimitettavuuden, palvelutason tai minimikustannustavoitteiden avulla. (Karrus 2003: 43–44.) Varaston vähentymistä ja täyttöä havainnollistaa kuva 3.



Kuva 3. Varaston materiaalivirta aikajanana (Sakki 2003: 75)

Taloudelliseen eräkokoon vaikuttaa kysynnän tasaisuus, koko vuoden odotettu menekki sekä päätös toimitusten määrästä. Mitä harvemmin tuotetta tilataan, sitä enemmän säästetään tilauksen kuljetuskustannuksissa ja sitä suurempia tilauserät ovat. Tämä vaikuttaa näin ollen varastokokoon ja varaston kiertoon. Mahdollisena riskinä on, ettei ennustettavaa määrää saada myytyä. (Karrus. 2003: 43–46.)

EOQ (Economic Order Quantity) eli taloudellinen tilauserä voidaan laskea niille tuotteille, joiden kysyntä on tasaista, seuraavalla Wilsonin kaavalla:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times R \times S}{C \times K}}$$

jossa EOQ on optimitilauserä

R on menekki (kpl/vuosi)

S on tilaus-toimituskustannukset (€/erä)

K on varastointikustannukset % varastonarvosta

C on nimikkeen yksikköhinta.

Jos kysyntä on epätasaista, se saattaa johtaa yrityksissä ylivarastointiin ja näin ollen pääoman korkeaan sitomiseen tai turhan tiiviisiin täydennyksiin. Kysynnän epätasaisuus voi aiheuttaa suuria täydennyskustannuksia tai toimitusten viivästymisiä sekä toimituserien satunnaismäärä- ja laatuvariaatioita. Kysynnän sekä sen tyydyttämisen

ailahtelevaisuus saattaa olla monentyyppistä. Kysyntä voi olla satunnaista määrän, ajan tai näiden molempien suhteen. (Karrus 2003: 42.)

Kysyntään voi vaikuttaa

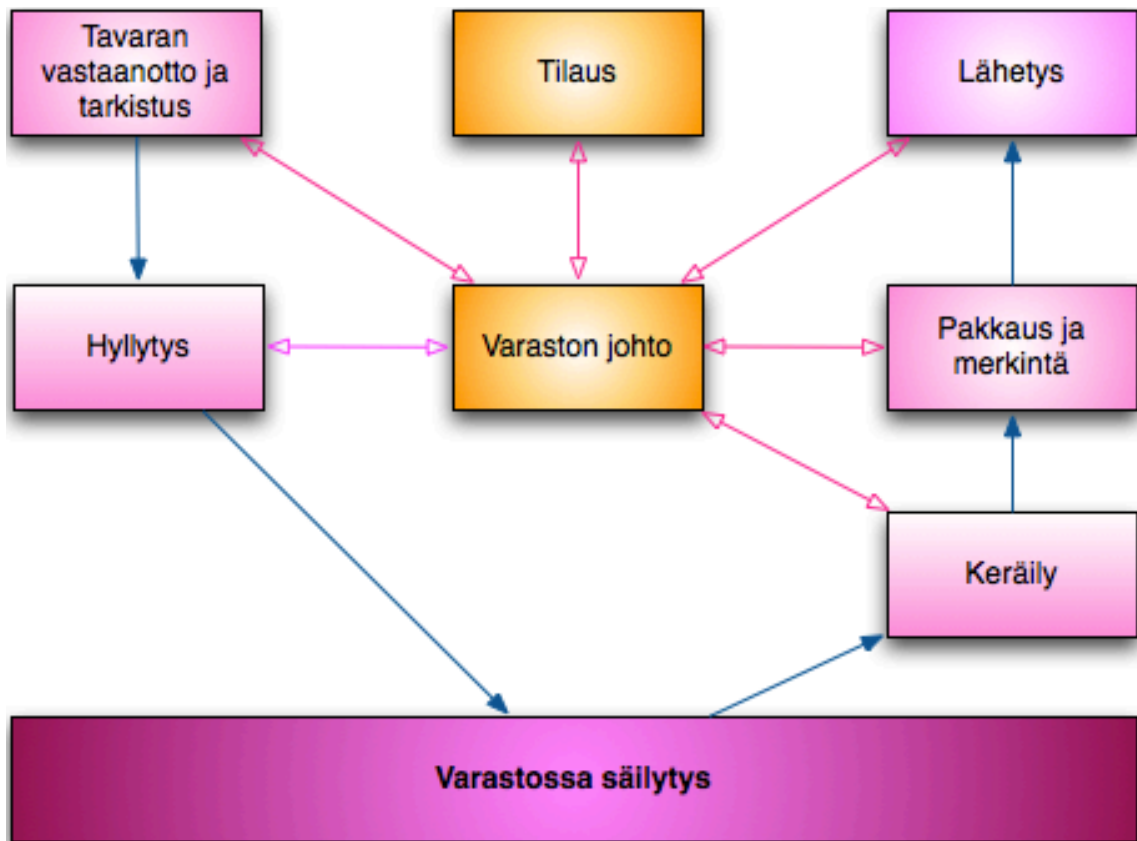
- tuotteen elinkaaren mukana muuttuva kysyntä
- sesonkiriippuvaiset kysynät
- kysynnän hintajousto
- eri tuotteiden menekkien väliset riippuvuudet
- asiakkaiden taloudellinen tilanne.

Jos kysyntä on riippuvainen jostain edellä mainituista seikoista, on vaikeaa ja jopa mahdotonta saada oikeaa kuvaa varaston täydennystarpeista käyttäen vakiotäydennysmenetelmiä (Karrus 2003: 43).

### 2.3 Varastotoiminnot ja kustannukset

Varastointi sisältää erilaisia toimintoja, joilla varaston läpi virtaavaa materiaalia hallitaan. Kaikissa varastoissa voidaan erottaa kaksi toimintaa, jotka ovat varastointi eli säilytys ja materiaalin käsittely. Materiaalin käsittely on tavaroiden purkamiseen, siirtelyyn ja lähettämiseen kohdistuvaa toimintaa. (Hokkanen ym. 2004: 147–148.) Varastotoiminnot liittyvät tulologistiikkaan, hyllytykseen, keräilyyn, inventointiin, pakkaamiseen ja lähtölogistiikkaan (Ritvanen ym. 2011: 86).

Kuvassa 4 on esitelty varaston materiaalitoiminnot, joissa tilaus on toiminnan laukaiseva impulssi. Fyysiset toiminnot on kuvattu vaaleanliloilla pohjilla. Fyysinen toiminta etenee sinisiä nuolia ja informaatiiovirrat vaaleanpunaisia nuolia pitkin. (Hokkanen ym. 2004: 148.)



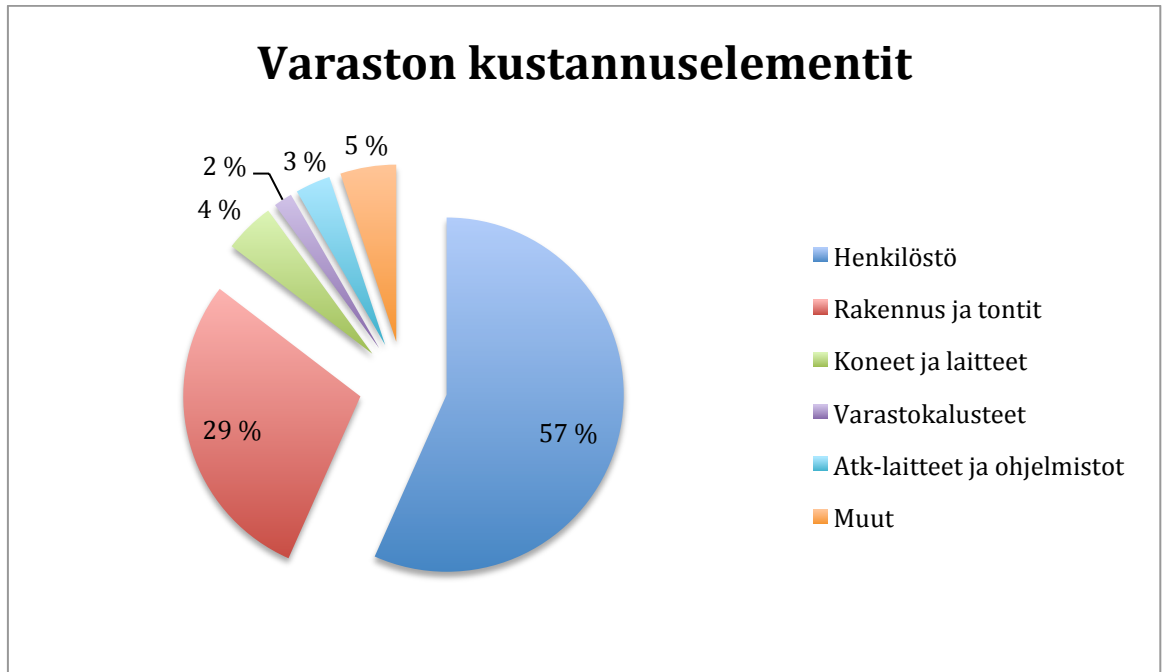
Kuva 4. Varaston materiaalitoiminnot (Hokkanen ym. 2004: 149)

Varastoinnin ja varastoon sidotun pääoman kustannukset ovat noin puolet kaikista logistiikkakustannuksista (Ritvanen ym. 2011). Varastointikustannukset koostuvat 20–50-prosenttisesti varastoon sidotusta pääoman arvosta. Supistamalla varastoitavien tuotteiden määrä tai vähentämällä valmistuksesta ja kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia voidaan varastoon sitoutunutta pääoman arvoa pienentää. (Varastoista aiheutuvat kustannukset 2011.) Varaston ylläpidosta kertyviä kustannuksia ovat raaka-aineen tai tuotteen hinta, varastonpitokustannukset, täydennyseräkustannukset ja puutekustannukset (Ritvanen ym. 2011).

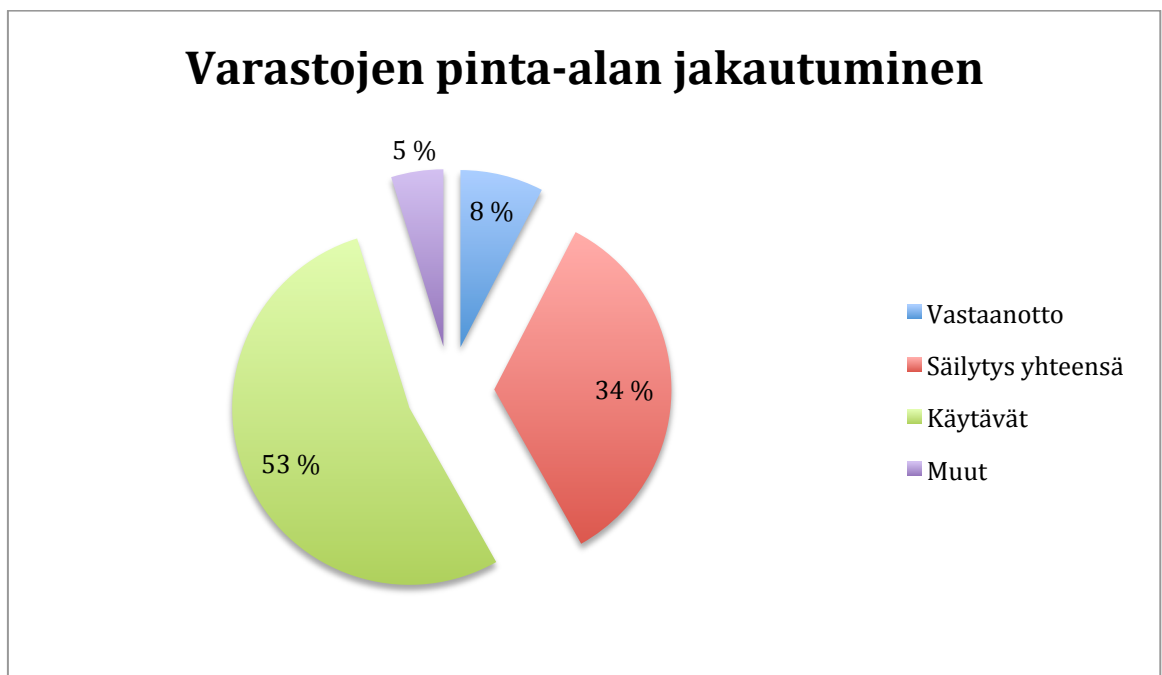
Varastonpitokustannukset riippuvat varaston arvosta ja vaihtelevat riippuen tuotteesta. Näihin kustannuksiin lasketaan kuuluvaksi pääomakustannus, varastotilan kustannus ja riskikustannus, joiden osuus on noin 10–40 prosenttia vuosittaisesta varaston arvosta. Suurin osa varastointikustannuselementtien kustannuksista syntyy henkilöstö- sekä rakennus- ja tonttikustannuksista. Henkilöstökustannukset ovat lähes 56 prosenttia sekä rakennus- ja tonttikustannukset noin 28 prosenttia, niin kuin kuvasta 5 voidaan nähdä. (Hyppönen ym. 4.) Varastotilasta lähes puolet on käytäviä



ja vain kolmasosa itse säilytystilaa, selviää VTT:n tutkimuksesta (Hyppönen ym. 2004: 4). Kuvassa 6 on selvennetty varastojen pinta-alan jakautumista eri yrityksissä.

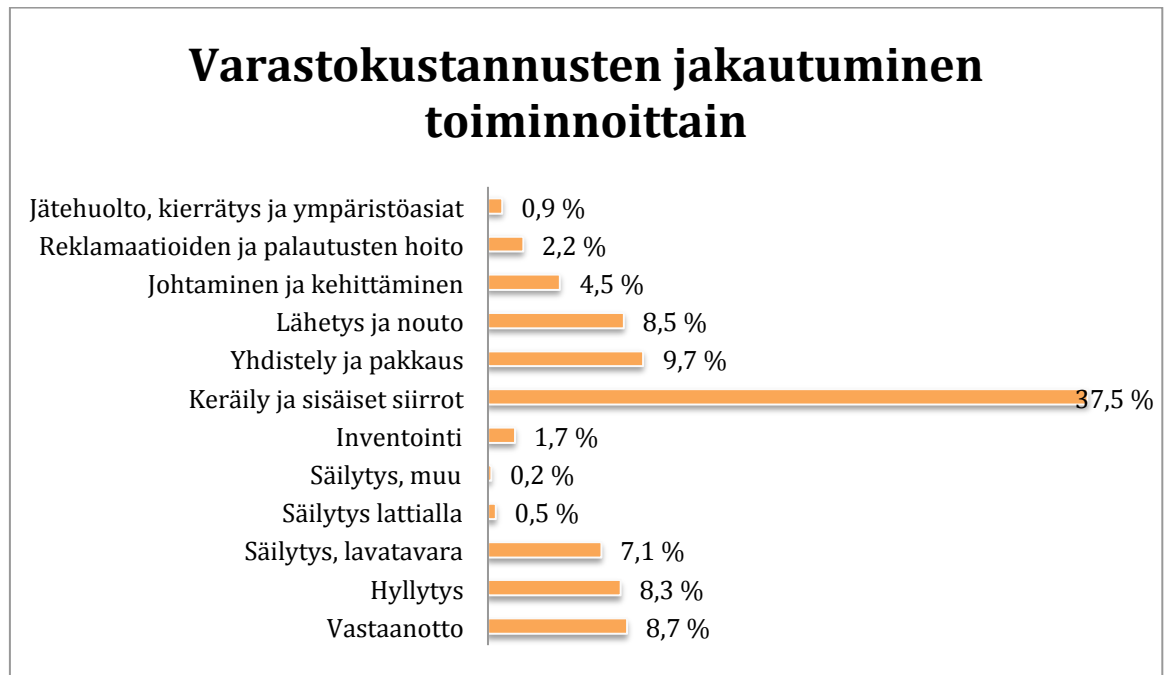


Kuva 5. Varaston kustannuselementit (Hyppönen ym. 2004: 4)



Kuva 6. Varastojen pinta-alan jakautuminen (Hyppönen ym. 2004: 5)

Kuvasta 7 selviää, että varaston keräily ja sisäiset siirrot aiheuttavat huomattavasti enemmän kustannuksia kuin muut varastotoiminnot. Kustannustehokkaassa varastossa tilan käyttö ja keräily työ on tarkasti suunniteltua. (Inkinen 2010.)



Kuva 7. Varastokustannusten jakautuminen (Hyppönen ym. 2004: 5)

## 2.4 Varaston tilasuunnittelu ja layout

Optimaalista varastotasoa eli varastokokoa määriteltäessä on ensin selvitettävä, mitä mittayksikköä varaston mittaamiseen käytetään. Yleisesti käytössä olevat mittayksiköt ovat lattiapinta-ala neliömetreinä ja kuutiotilavuus. Lattiapinta-alaan perustuva mittaustapa ei ota huomioon mahdollisuutta varastoida tuotteita pystysuunnassa, mikä tekee mittaustavasta huonosti soveltuvan nykyaikaisiin korkeavarastoihin. Tilavuuteen perustuva mittaustapa on realistisempi. Muita soveltuvia yksiköitä ovat lavapaikkojen lukumäärä ja hyllyjen pituus metreinä. Varaston kokoon vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- asiakaspalvelutaso
- markkina-alueen koko
- jaeltavien tuotteiden lukumäärä
- tuotteiden koko
- käytettävä materiaalinkäsittelyjärjestelmä
- varaston läpimenoaika
- tuotannon läpimenoaika
- volyymituotannon edut
- varaston layout

- käytäville asetetut vaatimukset
- varastossa sijaitsevat toimistotilat
- hylly- ja telinetyypit
- kysynnän määrä ja luonne.

Materiaalihallinnon yksi merkittävimmistä toiminnoista onkin määritellä oikeanlainen, tarpeisiin sopiva varastotaso materiaalivirtojen tasaisen rytmin säilyttämiseksi sekä mahdollisten poikkeustilanteiden selvittämiseksi. Tavoitteena on luoda mahdollisimman suuri varasto toimituskyvyn ja palvelutason turvaamiseksi, mutta samalla varaston sitoma pääoma pyritään pitämään mahdollisimman pienenä (Haverila 2005: 449). Pyritään saavuttamaan optimaalinen ratkaisu huomioiden varastonpidosta aiheutuvat kustannukset ja hyödyt sekä ohjauskustannukset. Tärkeintä on, että eri menekkitilanteissa pystytään saavuttamaan haluttu palvelutaso.

Tuotteiden tarvitsemat hyllypaikat tulee sijoittaa varaston layoutiin, niin että niitä voidaan käsitellä tarvittaessa helposti ja vaivattomasti. Layout on tuotantojärjestelmien fyysisten osien sijoittelua tehtaassa. Niitä ovat esimerkiksi koneet, laitteet, materiaalivirrat, varastopaikat ja kulkureitit. Hyvässä layoutissa on selkeät materiaalivirrat, ja sitä on helppo ja joustava muuttaa. (Haverila ym. 2005: 475.) Työmenetelmien, -vaiheiden ja -pisteiden suunnittelu kuuluu sen sijaan osaksi työnsuunnittelua. Layoutin valinta vaikuttaa suoraan varastonkustannustehokkuuteen, laatuun, joustavuuteen sekä aikakilpailukykyyn. (Haverila ym. 2005: 475.)

Tehokkaassa layoutissa materiaalien siirtotarve tulee olla mahdollisimman pieni, niin että painavat ja suuren menekin tuotteet sijoitetaan lähelle ovea ja pakkausta, kun taas kevyemmät tuotteet voidaan sijoittaa kauemmas. Lyhyet kuljetusmatkat layoutissa säästävät aikaa. Eri erityisosaamista vaativien toimintojen keskittäminen samaan paikkaan tehostaa toimintaa entisestään. Sisäinen kommunikaatio tulee tehdä vaivattomaksi, niin että tieto kulkee tehokkaasti työntekijöiden välillä. Eri vaiheiden erityistarpeet tulee ottaa huomioon ja koko tila käyttää tehokkaasti hyvässä layoutissa. Työturvallisuus ja -tyytyväisyys ovat tärkeä osa motivoida henkilökuntaa ja saada aikaan hyviä tuloksia (Haverila ym. 2005: 482), sillä ohjausjärjestelmän tärkein osa ovat ohjausta toteuttavat ihmiset, joiden toimintatapa ratkaisee lopputuloksen (Sakki 2003: 71).

### 3 Varastoautomaatio

#### 3.1 Automaatio

Suomen Automaatioseura ry. määrittelee sanan automaatio seuraavasti: "Automaatio tulee kreikankielisestä sanasta automatos, joka tarkoittaa itsetoimivaa. Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen ohjaavaa tai suorittavaa osuutta. Automaatti on automaattisesti eli itsestään toimiva kone tai laite." (Harju 2011.)

Automaation avulla on mahdollista tehostaa varaston toimintaa. Erilaisia varastoautomaatteja ovat muun muassa paternoster, vaakakarusellit ja hissiperiaatteiset automaattit. Suomessa on tarjolla esimerkiksi Kasten-, Kardex-, Logimat- sekä Compact Twin-merkkisiä varastoautomaatteja.

Ennen varastoautomaation käyttöönottoa selvitetään soveltuuko varastoitavien tuotteiden keräys automatisoiduksi. Tähän vaikuttavat tuotteiden ominaisuudet sekä itse varastoautomaation ominaisuudet. Automaattijärjestelmän ohjaus täytyy järjestää mahdollisimman monipuoliseksi ja helppokäyttöiseksi, jotta järjestelmästä voidaan parhaiten hyötyä. Jokaisella automaatilla on sitä ohjaava käyttöjärjestelmä, johon on mahdollista lisätä esimerkiksi valotunnistimia nopeuttamaan keräilyä automaatista. (Inkinen 2010.)

Automaattijärjestelmän ohjauksen päätehtäviin kuuluvat

- varastonohjaus
- resurssienjako
- hälyttäminen
- monitorointi eli valvonta.

Hyvän ohjaussysteemin avulla on mahdollista kerätä tietoa koko tuotteen läpimenoajan, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää järjestelmän kunnossapidossa, tuotteen tilaamisessa ja lähettämisessä, varastoinnissa, kokoonpanossa ja myynnissä. Ideaalitilanteessa kaikki yritysorganisaation tietojärjestelmät ovat yhteensopivia keskenään. (Inkinen 2010.)

Automaattisesti ohjautuva tuote voidaan tunnistaa varastoautomaatissa esimerkiksi viivakoodien, saattomuistin eli RFID:n tai konenäön avulla. Viivakoodit ovat standardoitu merkintätapa, joka perustuu optisesti luettavien viivojen jaotteluun muun muassa erilaisille tuotteille tai pakkauksille. Saattomuisti on taas tuotteeseen tai tuotepakkaukseen kiinnitettävä pienikokoinen muisti- ja suoritinyksikkö, joka kommunikoi radiotaajuuksilla lukulaitteen kanssa. (Karrus. 2003: 409.) Konenäkö on kameran ja kuvan analysoinnin yhdistelmä. Kuvan käsittely vertaa otettua kuvaa käyttäjän antamiin parametreihin niin, että lopputuloksena saadaan vastaavuus haluttuihin tuotteisiin, komponentteihin tai materiaaleihin. (Suvanto. 2011.)

Automaationsysteemin valinta yrityksessä riippuu ennen kaikkea yrityksen strategiasta, mutta myös käytettävissä olevista resursseista, volyymista ja joustavuustarpeista, olemassa olevista tiloista ja järjestelmistä sekä teknisistä ratkaisumahdollisuuksista (Inkinen 2010). Ratkaisuvaihtoehdot varastointijärjestelmän valitsemiseksi on havainnollistettu kuvassa 8.



Kuva 8. Kuljetus- ja varastointijärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät (Inkinen 2010)

### 3.2 Varastoautomaation syyt, edut ja haitat

Automatisoidun järjestelmäinvestoinnin onnistuessa se nostaa varaston käyttöastetta, parantaa tuottavuutta, tasaa laatua ja nopeuttaa prosessia. Siirto- ja

kuljetustoimenpiteiden ollessa nopeita ja tarkkoja tuotannon materiaaalivirta on tehokas sekä läpäisy- ja toimitusajat ovat nopeita. Kuljetusjärjestelmän toimiessa voidaan ylläpitää myös pienempiä varastoja, joihin on sidoksissa mahdollisimman vähän pääomaa. Henkilöstön parempi jaksaminen on oleellinen osa työskentelyä, jota varastoautomaatin mahdollistama ergonominen työskentely tukee. Inventaariotarve vähenee, sillä varastointiautomaatit pitävät ajan tasalla sitä, kuinka paljon tavaraa on hyllyissä. Oma merkityksensä on myös visuaalisella ja imagollisella puolella, sillä yritys voi markkinoida itseään viimeisimmän teknologian käyttäjänä. (Inkinen 2010)

Automaatiojärjestelmän hankinta on suuri haaste monille yritykselle, sillä optimaalisen ratkaisun löytyminen vaatii paljon selvitystyötä. Investointi itsessään sekä prosessit, joihin se vaikuttaa, on tutkittava tarkasti ennen kuin hankintapäätös voidaan suorittaa, sillä huonosti suunniteltu järjestelmä voi johtaa suuriin muutos- ja korjauskustannuksiin. Automaatiojärjestelmä on myös suuri investointi, ja siihen sitoutuu paljon pääomaa. Edellä mainittujen lisäksi henkilökunnan koulutus maksaa. Henkilökunta on koulutettava tulevaa järjestelmää varten, minkä vuoksi on suunniteltava tarkasti, minkä tasoinen järjestelmä tarvitaan ohjaamaan automaattia. (Inkinen. 2010.)

Automaation käyttöönotto ei ole yksinkertaista, sillä käyttöönotossa ja sisäänajossa menee huomattavasti aikaa, jolloin muut toiminnot saattavat häiriintyä ja olla jopa pysähdyksissä. Järjestelmästä riippuen myös energiakulut voivat kasvaa. Järjestelmästä voi aiheutua yritykselle taloudellisia menetyksiä, jos sen käyttöönotto epäonnistuu. Järjestelmän huoltaminen vaatii ammattitaitoa ja useissa tapauksissa laitteen huoltoa ja kunnossapitoa hoidetaan ulkomailta käsin. Kaikki nämä asiat on syytä tarkastaa ja punnita ennen automaation käyttöönottoa. (Inkinen 2010.)

### 3.3 Paternosterit ja hissiperusteiset varastoautomaatit

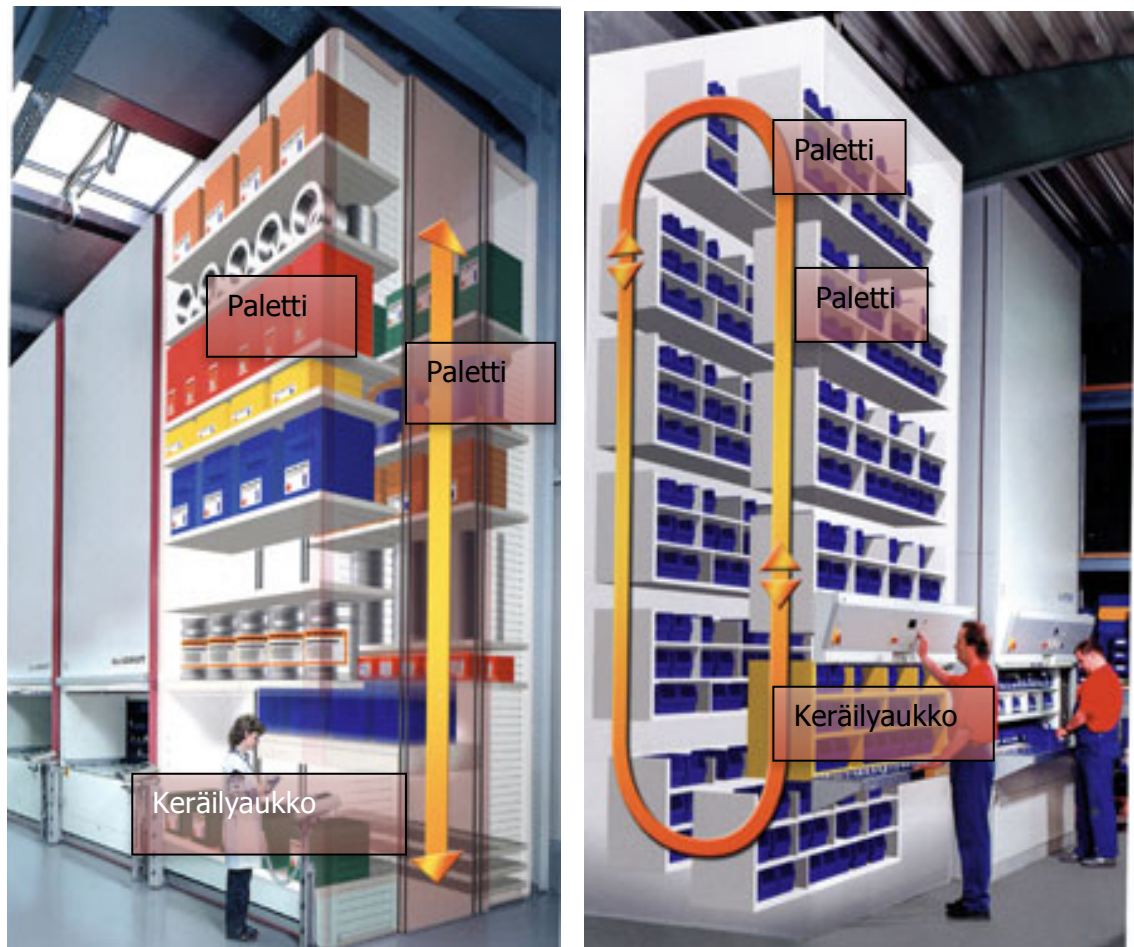
Paternosterit ovat varastoautomaatteja, joiden tarkoitus on tehostaa varastointia nopeuttamalla keräilyä sekä säästää lattiapinta-alaa. Paternoster koostuu vähintään yhdestä keräilyaukosta sekä pyörivästä hyllysarjasta, joka kulkee silmukkana laitteen sisällä. Automaatti varastoi tuotteet pystysuunnassa tuoden nimikkeet keräilijän ergonomiselle keräilykorkeudelle. Paternoster on normaalisti useita metrejä korkea, ja se sopii erityisesti kappaletavaroiden käsittelyyn. Paternosterien oikeanmukainen

hyödyntäminen säästää keräilyyn kuluvaan aikaa ja lattiapinta-alaa jopa 70 prosenttia (Kasten 2011.) Automaatteihin saatavat varastonohjausjärjestelmät optimoivat itse varastoitavan tuotteen sijoittamalla sen sille sopivan kokoiseen paikkaan automaatissa. Tuotteet pystytään suojaamaan valolta ja pölyltä sekä tarvittaessa säätää lämpötilaa ja kosteutta. Paternosterit parantavat varaston tarkkuutta tallentamalla tuotetiedot, jolloin tuloksena saadaan usein yli 99 prosentin varaston tarkkuustaso. Tämän johdosta varastossa on vähemmän yllättäviä varastohäviöitä ja pienemmät "turvapuskurivarastot". (Kardex 2011.)

Paternosteria suositellaan erityisesti yrityksille, joilla on tarve varastoida pieniä ja useita eri tuotteita. Pienet tuotteet ovat kooltaan esimerkiksi ruuveja ja muttereita. Paternosterissa tuotteita ei voida varastoida toistensa taakse, vaan tuotteet tulee kerätä automaatin palettien muodostamista lokerikoista. Paletit ovat automaatin sisällä olevia tasoja, joille tuotteet sijoitetaan. Paletit ovat syvyydeltään enintään kädenmittaisia, jotta perimmäisiin tuotteisiin on mahdollista ylettyä. (Parkkola 2011.) Paternoster ja hissiperusteinen automaatti on havainnollistettu kuvassa 5.

Valmistajasta riippuen, paternosteriin voi liittää

- ryhmäkeräilyä, jossa useita tilausrivejä kerätään saman aikaisesti ja toiminta tehostuu entisestään
- verhoiluikkunan, jolla keräily voidaan tehdä visuaalisemmaksi
- sähköoven, jolla tuotteet voidaan suojata vaikka yöksi tai joka voidaan integroida palonehkäisyjärjestelmään
- välitasoja automaatin jokaiselle paletille, joka tekee varastohyllykooista joustavampia
- useamman keräilyaukon tehostamaan keräilyä entisestään
- väljakajia erottelemaan tuotteet toisistaan
- lokerovalolistoja, jotka osoittavat keräiltävän paikan, mikä vähentää keräily virheitä sekä nopeuttaa keräilyä
- viivakoodinlukijan
- varastonhallintajärjestelmän, joka sijoittaa tuotteet niille sopivan kokoisille paikoille. (Kasten 2011.)



Kuva 9. Hissiperusteinen varastoautomaatti (vas.) ja paternoster (oik.) (Intermarketing Oy 2008)

Hissiperiaatteella toimivat varastoautomaatit muodostuvat hissikuilusta sekä sen etu- ja takapuolella olevista palettitorneista. Laite hakee halutun tuotteen keräilijälle hissipöydän avulla ja työntää sen työskentelytasolle. Tämä varastoautomaatti sopii käytettäväksi erityisesti silloin, kun nimikkeiden koot vaihtelevat ja kun paletti halutaan viedä automaatista ulos työskentelytasolle. Hissiperiaatteella toimivan automaatin yhteydessä puhutaan pystynopeudesta eli siitä, kuinka nopeasti hissi liikkuu hissikuilussa, sekä vaakatason nopeudesta eli siitä, kuinka nopeasti hissi työntää paletin ulos tai vetää sen takaisin laitteen sisään. (Westerlund 2011.) Varastoautomaattimyyjien kotisivuilla olevien referenssien perusteella hissiperiaate vaikuttaa olevan tällä hetkellä suosituimpi vaihtoehto. Ruotsissa hissiperiaatteisia automaatteja arvellaan asennettavan noin 200–250 kappaletta vuodessa, mikä on noin neljä kertaa enemmän kuin paternostereita



(Udikas 2011). Taulukossa 1 on vertailtu paternosterin ja hissiperusteisen varastoautomaatin ominaisuuksia.

Taulukko 1. Hissiperiaatteen varastoautomaatin ja paternosterin vertailu

Hissiperusteinen automaatti	Paternoster
✗ Erikokoisille ja korkuisille tuotteille	✗ Kiinteille hyllyväleille
✗ Monesti tehokkaampi kappalekeräyksessä ja vaihtelevien tuotteiden kanssa	✗ Monesti tehokkaampi pitkissä keräilysarjoissa
✗ Lavalle keräilyyn	✗ Keräily peräkkäisiltä hyllyriveiltä
✗ Max. 1000 kg/paletti	✗ Max. 650 kg/paletti
✗ Max. 30 m korkea	✗ Max. 15 m korkea
✗ Max. kokonaispaino 150 tonnia	✗ Max. kokonaispaino 15 tonnia
✗ Voidaan yhdistää valo- tai ääniohjaus	✗ Voidaan yhdistää valo- tai ääniohjaus
✗ Ohjataan: a) näppäimistöllä b) varastonhallinta järjestelmällä c) yrityksen oman varastonhallintajärjestelmän avulla	✗ Ohjataan: a) näppäimistöllä b) varastonhallinta järjestelmällä c) yrityksen oman varastonhallintajärjestelmän avulla

## 4 Projektin toteutus

Insinööritöyöprojekti toteutettiin eräälle automaatioalan yritykselle. Projektin tavoitteena oli löytää ratkaisu lisätä varastopaikkoja ja nopeuttaa varastotoimintoja kolmanneksella sekä varmistaa, ettei näillä ratkaisuilla varastoinnista muodostu yrityksen liiketoiminnan pullonkaulaa. Projektin kulkua ohjasi logistiikkapäällikkö Markku Parkkonen. Projektin aikana käytiin useita palavereja aiheen rajaamiseksi ja täsmentämiseksi.

### 4.1 Yritys

Kyseessä oleva automaatioalan yritys tuo maahan, markkinoi ja myy sähköistä liitäntä- ja automaatioteknologiaa sekä ylijännitesuojusratkaisuja. Organisaatio koostuu noin 40 työntekijästä, ja sen liikevaihto oli noin 16,5 miljoonaa euroa vuonna 2010 (PS 2011). Yritys aloitti toimintansa Suomessa vuonna 1991, ja se on saksalaisen vuonna 1923 perustetun yrityskonsernin suomalainen tytäryhtiö. Koko konsernin 47 tytäryhtiössä työskentelee noin 10.000 työntekijää, ja sillä on 30 edustajaa ympäri maailmaa. (Yrityksen kotisivut 2011.)

Yrityksen tuotevalikoima koostuu riviliittimistä, moninapapisto- ja piirikorttiliittimistä, ylijännitesuojista, signaaliuuntimista, releistä, teholähteistä sekä erilaisista automaatiokomponenteista ja -järjestelmistä. Emoyhtiön tuotevalikoima sisältää yli 25.000 tuotetta, joista noin 3000 nimikettä varastoidaan myös Suomessa. Tuotekehitystyötä tehdään Saksan lisäksi Kiinassa ja Yhdysvalloissa. Pääosa tuotannosta tehdään yrityksen omilla tuotantolaitoksilla Blombergissa, Bad Pyrmontissa ja Lüdenscheidissa Saksassa. Yrityksen tarjoamat tärkeimmät palvelut ovat tuotekoulutus, tekninen tuki, eShop, nettipohjaiset tuotevalintaohjelmat sekä kokoonpanopalvelut. (AK. 2010: 3–5.)

Kohdeyrityksen tärkein yhteistyökumppani on sen emoyhtiö, joka toimittaa noin 98 prosenttia yrityksen myymistä tuotteista. Yritykseen tulee viikoittain kaksi tai kolme rekkatoimitusta emoyhtiön varastosta Saksasta sekä kiireelliset toimitukset pikatoimituskuriirien kautta useamman kerran viikossa. Emoyhtiö on neuvotellut maailmanlaajuiset kuljetussopimukset kaikille tytäryrityksilleen. Suomessa yritys tekee kiinteästi yhteistyötä muun muassa Itellan kanssa. (AK. 2010: 1–6.)

Myynnin kannalta merkittäviä kumppaneita ovat koko Suomen kattava jälleenmyyjäverkosto, tukkukaupoista Elektrokandia ja SLO, suunnittelutoimistot sekä tietyt avainasiakkaat. Keskeisimmät asiakkaat ovat kone- ja laitevalmistajia, prosessiteollisuus- ja elektroniikan valmistaja- ja alihankkijayrityksiä sekä kansainvälisiä asiakkaita kuten ABB ja Siemens. (AK. 2010: 4–5.)

## 4.2 Varaston nykytilakartoitus

Varaston nykytilakartoituksella pyritään selventämään, mikä on kohdeyrityksen varastoinnin todellinen nykytilanne ja sen epäkohdat ennen kuin sitä lähdetään kehittämään. Nykytilakartoituksella paikannetaan varaston epäkohdat ja pyritään löytämään niihin ratkaisu. Apuna käytetään yrityksen tuotetietotaulukkoa elokuun 2010 ja elokuun 2011 väliseltä ajalta, joka sisältää viimeaikaisimpia tietoja yrityksen tuotteista ja emoyhtiön määrittelemiä minimi-tilausmääriä, tuotteiden kokoja ja toimitusaikoja.

### 4.2.1 Varaston nykytilakartoituskyselyn tulokset

Kohdeyrityksen varaston nykytilakartoituskyselyllä selvitettiin varastoinnissa koettuja puutteita sekä kehitystä vaativia seikkoja. Kyselyn luomiseen käytettiin Webropol-nimistä analysointi- ja kyselytyökalua. Kysely alkoi selvityksellä siitä, millä osastolla vastaaja työskentelee organisaatiossa. Kysymykset määräytyivät riippuen vastaajan toimienkuvasta yrityksessä. Kyselyyn vastasi 29 henkilöä 40 työntekijästä.

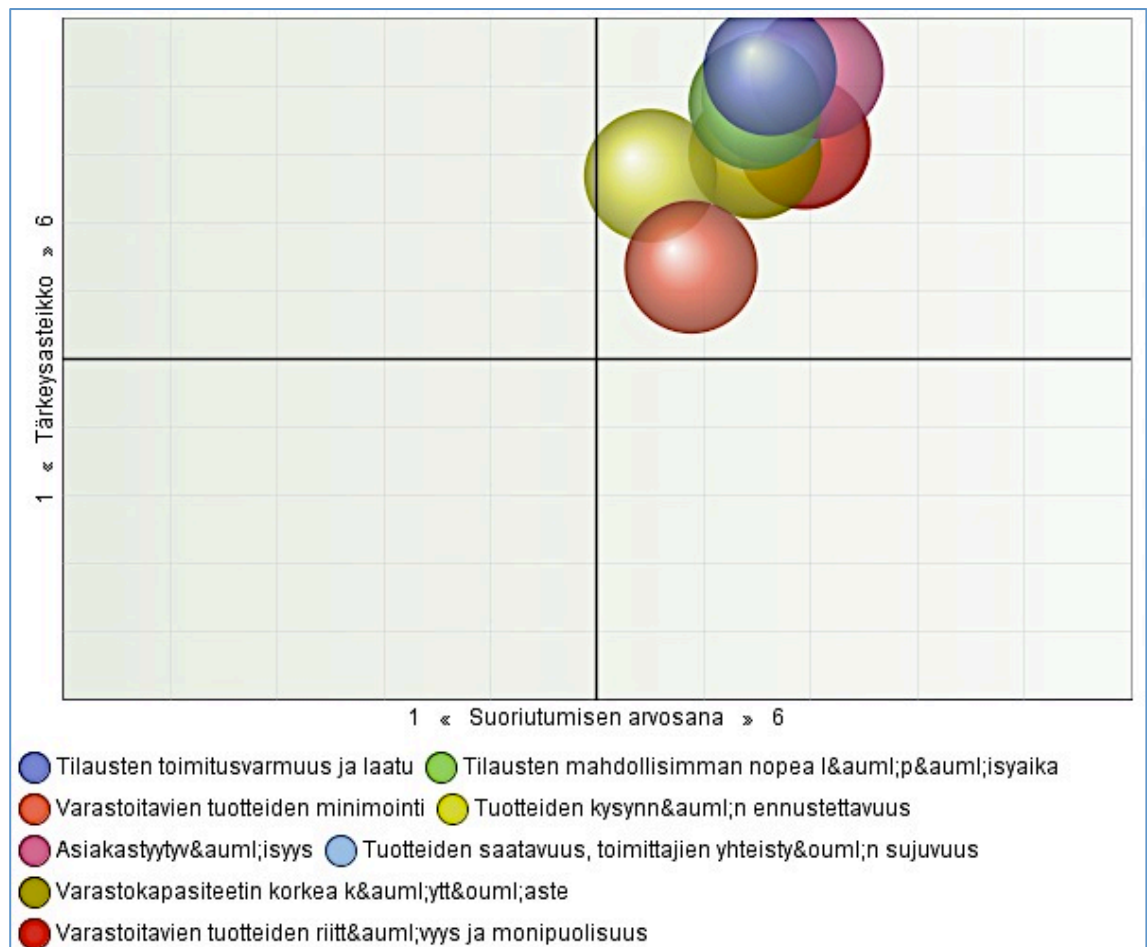
Analysoinnin vertailuryhminä käytettiin organisaation viittä eri vastuualueosastoa:

- Myynti
- Varastointi, osto ja logistiikka
- Markkinointi
- Puhelinasiakaspalvelu
- Talous ja hallinto.

Analysointi tehtiin erikseen näiden edellä mainittujen ryhmien välillä ja lisäksi laadittiin yhteenveto koko organisaation vastauksista. Analysoimista vaikeuttaa joidenkin kysymysten vaihtoehto 7 = ”En osaa sanoa”, sillä ohjelman tekemät valmiit analyysit

laskevat vaihtoehdoille keskiarvon, joista saadaan tämä vaihtoehdon vuoksi nyt epätarkka luku. Lisäksi varastoinnin ja logistiikan kysymyksistä oli jätetty pois vastausvaihtoehto ”En osaa sanoa”, mikä taas pakotti vastaajan vastamaan kysymykseen, vaikkei hän välttämättä tiennytkään vastausta.

Kyselyn perusteella organisaation henkilökunnan mielestä yrityksen menestymisen kannalta tärkeintä on asiakastytyväisyyden saavuttaminen sekä tilausten toimitusvarmuus. Kaikkein parhaiten yrityksessä koetaan suoriudutun asiakastytyväisyyden saavuttamisesta ja varastoitavien tuotteiden riittävydestä ja monipuolisuudesta. Henkilökunta kokee yrityksen suoriutuneen huonoiten tuotteiden kysynnän ennustettavuudesta ja kaikista arvioitavista toiminnoista vähiten tärkeimmäksi varastoitavien tuotteiden minimoinnin. Kuvassa 10 on koko organisaation vastaukset kysymykseen, jossa arvioitiin yrityksen suoriutumista eri toiminnan osa-alueilla sekä niiden tärkeyttä.



Kuva 10. Nykytilakartoituskyselyn tuloksia

Valtaosa yrityksen henkilökunnasta piti reklamaatioiden käsittelyä, kausivaihteluita ja kampanjoita sekä varastossa seisovien tuotteiden tunnistamista erittäin haasteellisina. Myynnin osalta haastavaksi koettiin uusien ja korvaavien tuotteiden käsittely.

Yleisin syy tai aihe asiakaspalautteen antamiseen liittyi suurimmaksi osaksi väärin toimitusaikoihin. Varastoon kohdistuvat reklamaatiot olivat yleensä väärän tuotteen toimittaminen tai tuotteen puuttuminen kokonaan lähetetystä tilauksesta. Virheiden selvittelyyn kului keskimäärin puhelinasiakaspalvelijoilta 13,3 prosenttia koko työajasta. Työaika, joka kuluu virheiden selvittelyyn tällä prosenttimäärällä, on vuodessa yritykselle vähintään 24.000 euron kustannus, ja siihen kuluu keskimäärin lähes yksi tunti jokaisen puhelinasiakaspalvelijan työpäivästä.

Varastossa suurin osa kokee päivittäisistä töistä suoriutumisen haasteellisena tilanteissa, joissa henkilökuntaa on poikkeuksellisesti liian vähän. Tämänhetkiseen tilausten kuormituksen ja kapasiteetin suhteeseen näytetään olevan tyytyväisiä keskiarvolla 4,86, joka on selvästi mielipidemittauksen keskiarvoa korkeammalla (asteikolla 1–6). Varastohenkilökunnasta selkeä enemmistö kannattaa viivakoodisysteemin ja varastoautomaation hyödyntämistä sekä tuotemerkintätöiden (CMS) siirtämistä fyysisesti kokoonpanon puolelle. Kokoonpano on erillinen tila varaston perällä.

Vastauksien perusteella varastotoimintaa voitaisiin nopeuttaa fyysisen varastolayoutin muuttamisella ja automatisoinnilla. Kannatusta saivat myös henkilökunnan lisääminen, viivakoodisysteemi sekä toimintatapojen muutos. Varastotuotteiden vähentämisellä ja laajemmalla työaikaliikumalla ei koettu juurikaan olevan helpottavia vaikutuksia varaston toimintaan. Kyselyn vastausten perusteella varastotoiminnoista vie eniten aikaa tilausten keräys. Toiseksi eniten aikaa vie hyllyttäminen sekä selvitykset ja virheiden korjaus.

Yrityksen henkilökunnan mielestä varaston toimintaa voisi kehittää

- ottamalla jossain määrin huomioon asiakkaiden varastointipyyntöjä tai kehittämisideoita
- suurentamalla varastoa
- varastoautomaation avulla
- miettimällä yhdessä sopivia ratkaisuvaihtoehtoja ja sitoutumalla päätöksiin

- muokkaamalla layoutia
- lisäämällä työntekijöitä
- laajentamalla työntekijöiden osaamista
- mittaamalla toimitusvarmuutta
- suunnittelemalla tarkemmin varastovalikoima
- nykyaikaisilla varaston analyysityökaluilla.

Varastoinnin kehitystarpeesta huolimatta varaston tämänhetkinen toimivuus on yrityksen henkilökunnan mielestä keskimäärin kuitenkin kiitettävää, arvosanalla 5 asteikolla 1–6.

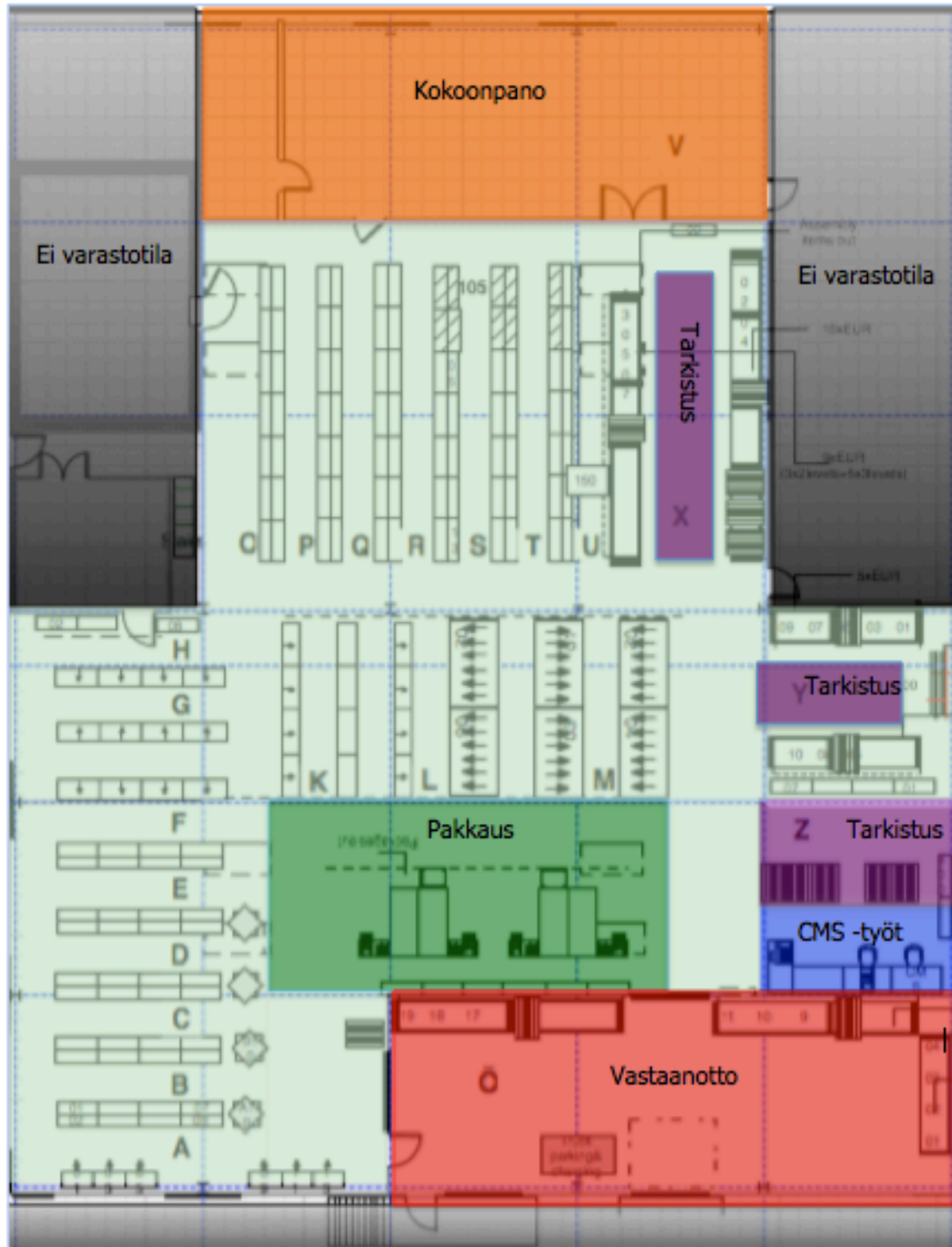
#### 4.2.2 Varaston layout ja toiminnot

Kohdeyrityksen fyysinen varasto koostuu tuotteiden vastaanotto-, purkaus-, säilytys-, pakkaus- ja kokoonpanotiloista sekä tuotemerkintätöiden (CMS)-työtilasta. Varaston pohjapiirroksessa tilat on kuvattu eri väreillä. Varasto on pinta-alaltaan noin 756 neliömetriä ilman kokoonpanotiloja. Kohdeyrityksen harjakattomaisen varaston korkeuden mittasivat varastoautomaatteja tarjoavien yritysten edustajat vuonna 2009. He saivat tulokseksi katon korkeimmasta kohdasta 5,997 metriä ja matalimmasta kohdasta 5,181 metriä.

Varaston materiaalivirta kulkee samasta ovesta sisään ja ulos, mikä keskittää suurimman osan varastotoiminnoista vastaanotto-, pakkaus- ja tarkistusalueelle. Yrityksen tuotteita varastoidaan karuselleihin, varastohyllyihin, ulokehyllyihin, lavoille sekä läpivirtaushyllyihin. Karusellit näkyvät pohjapiirroksessa A-, B-, C- ja D-hyllyvälien edessä neljänä neliönä. Varastohyllyjä ovat kaikkien A–U-hyllyvälien hyllyt, lukuun ottamatta pieniä läpivirtaushyllyjä hyllyväleissä F, G ja K sekä suuria läpivirtaushyllyjä hyllyväleissä L ja M. Ulokehyllyt on kiinnitetty seiniin, ja ne sijaitsevat pohjapiirroksessa A-hyllyvälin ja ulko-oven välisellä seinustalla sekä Y-hyllyvälin perimmäisellä seinustalla. Lavat on sijoitettu X-, Y- ja Ö-hyllyvälien lavahyllyihin.

Varastossa on säilytyshyllyjen lisäksi muun muassa kahden tyyppisiä keräilykärryjä, trukkeja sekä muita laitteita ja koneita eri toimintoja varten. Kokoonpanotilat sijaitsevat varaston perällä, väliseinän takana. Vastaanottotilasta on kaksi ovea

rekoille purkamista ja lastausta varten sekä käytännössä kolme poistumisreittiä. Varaston pohjapiirros on esitetty kuvassa 11. Rakennuksesta pääsee ulos kokoonpanon puolelta ja X-hyllyvälin vierestä sekä muualle yrityksen tiloihin Q-hyllyvälin vasemmalta puolelta.



Kuva 11. Kohdeyrityksen varastopaikkakartta (Peltoniemi 2002)

Kohdeyrityksen varastohenkilökunta koostuu kahdeksasta työntekijästä, joista kaksi työskentelee pääasiallisesti kokoonpanossa (AK. 2010: 2). Yrityksen materiaalitoimintoja ovat varastosäilytyksen lisäksi tavarantoimitus ja tarkistus, hyllytys, keräily, pakkaus ja merkintä, lähetys sekä kokoonpano.

Vastaanotto ja tarkistus työllistävät yhdestä kolmeen henkilöä, ja se tapahtuu sille erikseen varatulla alueella varastossa. Tuote tarkastetaan ja pyritään hyllyttämään mahdollisimman nopeasti. Keräilykiireiden vuoksi tuotteita ei kaikissa tapauksissa kyetä tarkastamaan ja hyllyttämään ensitilassa, minkä vuoksi vastaanotetut tuotteet kerääntyvät vastaanottoalueen lisäksi varaston käytäville X- ja Y-hyllyväleihin. Tuotteiden väliaikainen säilyttäminen käytävillä estää trukilla liikkumisen ja hankaloittaa työskentelyn näissä osissa varastoa. Vastaanotetut tuotteet voidaan tarkistaa ja hyllyttää nopeammin toimintaa tehostamalla sekä niitä on helppo käsitellä keskittämällä ne yhdelle riittävän kokoiselle tarkistuspäiväkselle.

Tilaus laukaisee toiminnan, jossa tilatut tuotteet määrätään kerättäviksi. Tilaukset kerätään usein ryhmäkeräilyinä, jossa monta tilausta kerätään samanaikaisesti. Keräily tapahtuu asianmukaisille kolmitasoisille keräilykärryille, joihin normaalisti mahtuu useampi tilaus samanaikaisesti. Varastohyllyt on nimetty kirjaimilla, ja ne etenevät aakkosjärjestyksessä varastotilassa. Keräilylistat tulostuvat niin, että ne ovat tuotteiden sijainnin mukaan aakkosjärjestyksessä. Keräily etenee loogisesti hyllyvälistä toiseen alkaen keräilylistan osoittamasta ensimmäisestä hyllyvälistä. Hyllyvälit on pyritty laittamaan vierekkäin, jotta siirtymisväli olisi aina lyhin mahdollinen. Poikkeuksena on kuitenkin M- ja Q-hyllyvälien välinen siirtymisväli, joka on koko varaston pituus. Looginen järjestys tulisikin säilyttää koko varastossa, jotta sen tehokkuus voidaan maksimoida.

Keräilyn jälkeen tuotteet pakataan tarkoituksenmukaisesti erillisillä pakkauspisteillä, joita varastossa on neljä. Pakkauspisteet sisältävät pakkaamiseen tarvittavat materiaalin sekä laitteet. Pakkaamisen jälkeen tuotteet vapautetaan yrityksen varaston tietokannasta sekä niille tehdään lähetekortti ja määritellään toimitustiedot. Lopuksi tuotteet pakataan rullakoihin, jotka haetaan kahteen eri otteeseen päivässä.

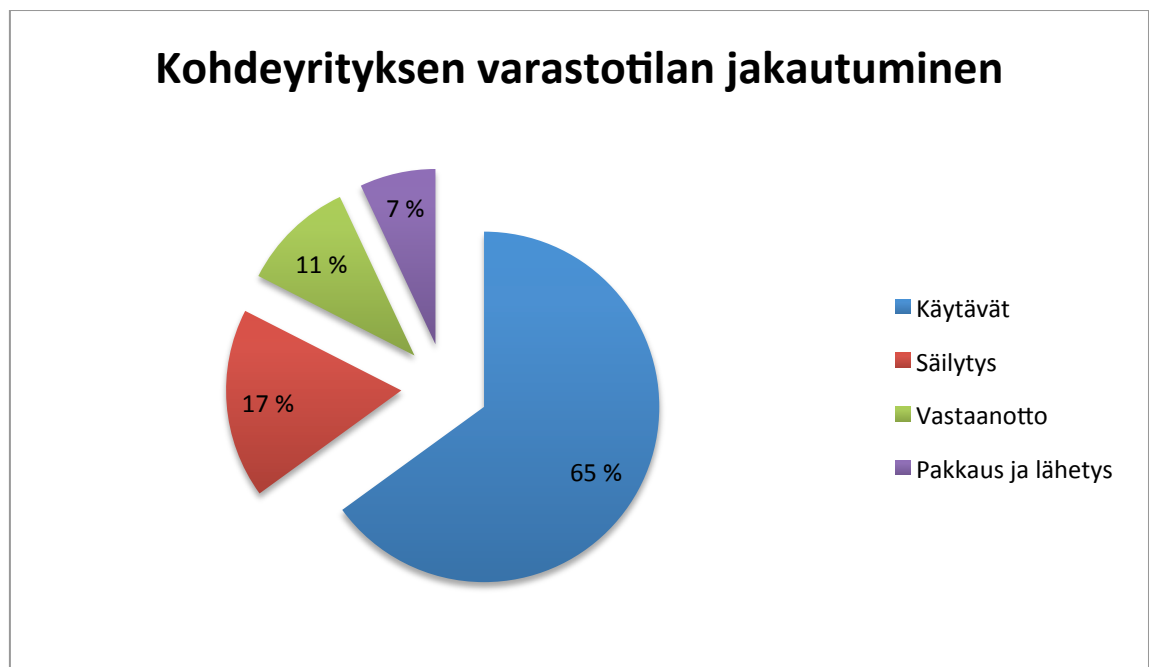
Kokoonpano tapahtuu erillisessä tilassa varaston vieressä. Tilauksen komponentit kerätään varastosta kaksitasoisille keräilykärryille ja viedään kokoonpantaviksi



kokoonpanotilaan. Kokoonpanotilassa on kaikki kokoonpanoon vaadittavat työkalut, koneet ja laitteet. Valmiit koonnokset hyllytetään ja ilmoitetaan valmiiksi varaston tietokantaan, jotta ne voidaan keräillä ja lähettää asiakkaalle.

#### 4.2.3 Varaston kustannukset, resurssit ja kuormitus

Kohdeyrityksen pohjapinta-alasta reilu 17,5 prosenttia on varsinaista säilytystilaa ja noin 65 prosenttia käytäviä. Vastaanottoalue vie karkeasti 10,5 prosenttia sekä pakkaus ja lähetys noin 7 prosenttia varaston koko pinta-alasta. Nämä luvut ovat karkeita, mutta suuntaa-antavia mittauksia varaston pohjapinta-alasta. Tämä jako on hyvin samankaltainen kuin aiemmin varaston teoriaosuudessa mainitussa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) teettämässä tutkimuksessa, jossa esitetään varaston kustannuselementtien ja pinta-alan jakautumisen suhteita. VTT:n tutkimuksessa selkeästi suurin osa varastopinta-alasta on käytäviä ja vain 30 prosenttia on varsinaista säilytystä varten. Kohdeyrityksen varastossa ei ole hyödynnetty sen korkeutta, minkä vuoksi lisätilaa olisi mahdollista saada kehittämällä varastotasoa korkeussuunnassa. Kuvassa 12 on esitetty kohdeyrityksen varastotilan jakautuminen ympyräkaaviona.



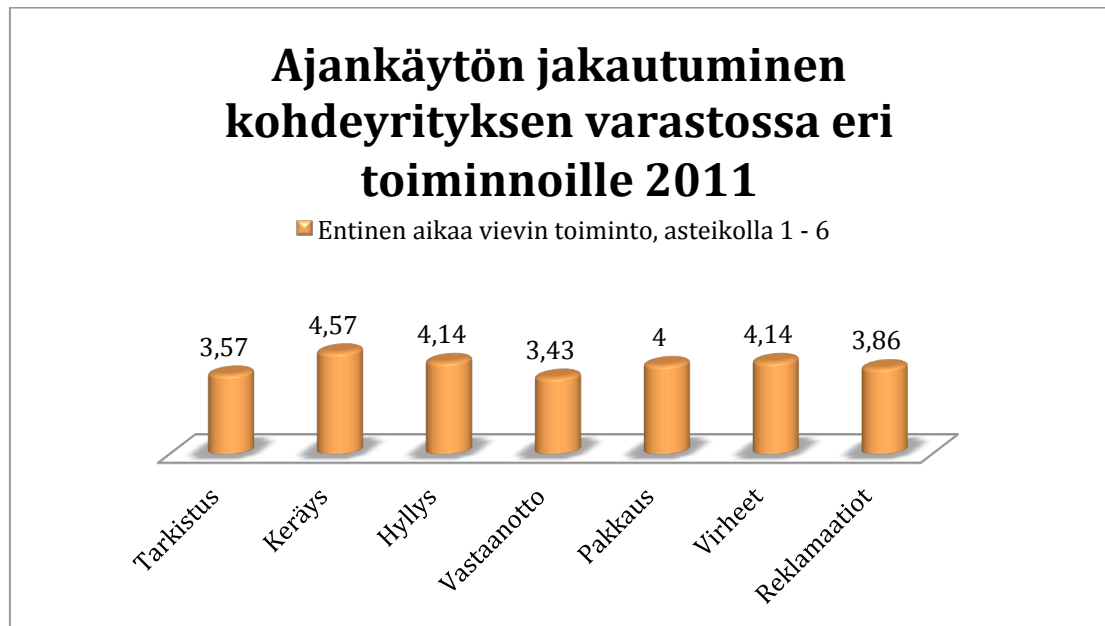
Kuva 12. Kohdeyrityksen varastotilan jakautuminen 2011

Varastoesimiehen palkka on keskimäärin 2900 euroa kuussa ja varastotyöntekijän palkka noin 2495 euroa kuussa (Tilastokeskus 2010). Yrityksen varastossa työskentelee yksi varastoesimies ja seitsemän varastotyöntekijää. Tällä henkilömäärällä tilastokeskuksen keskimääräisen palkkalaskelman mukaan kohdeyrityksen varaston henkilöiden palkkakustannukset ovat 20.365 euroa kuukaudessa. Varastoinnista aiheutuvat kokonaiskustannukset yritykselle ovat noin 30.000 euroa kuukaudessa, kun ne lasketaan teoriaosuudessa esitetyn VTT:n selvitykseen ”varastokustannuselementit” perustuvilla prosenttiosuuksilla. Laskelmissa ei ole huomioitu tuotteiden sitomaa pääoman arvoa.

Henkilökustannukset muodostavat suurimman osan varaston ja sen toimintojen kustannuksista, minkä vuoksi varastointikustannuksia ei ole helppoa vähentää puuttumatta henkilöstökuluihin (VTT). Kohdeyrityksen tämänhetkisessä varastotilanteessa ei ole kannattavaa vähentää henkilökunnan määrää, sillä yritys joutuu tukeutumaan jo nykyisellä henkilömäärällä kausittaiseen lisätyövoimaan. Varastoinnin tehostamiseksi yrityksen ensisijaisena keinona on pyrkiä lisäämään varastokapasiteettia ja nopeuttamaan läpimenoaikoja, jotta tavoite liikevaihdon kasvattamisesta saavutettaisiin.

VTT:n tutkimuksen taulukosta ”Varastokustannusten jakautuminen” sivulla 14 voidaan havaita, että keräily ja sisäiset siirrot ovat huomattavasti kalliimpia työvaiheita kustannuksiltaan kuin muut toiminnot varastossa. Tämä johtunee keräilyn hitaudesta sekä jatkuvasta tuotteiden tarkastamisesta ja laskemisesta. Etenkin kyseisen yrityksen tuotteiden tilaukset sisältävät usein suuria määriä pieniä komponentteja, jotka täytyy laskea yksitellen. Yksittäin pakattujen tuotteiden kerääminen vie paljon aikaa varsinkin kun komponentteja kerätään useita satoja yhdelle tilausriville.

VTT:n tutkimuksen mukaan suuri osa varastokustannuksista kertyy keräilyyn ja sisäisten siirtojen lisäksi yhdistelystä ja pakkauksesta (9,7 %), vastaanotosta (8,7 %), lähetyksestä ja noudoista (8,5 %) sekä hyllytyksestä (8,3 %). Edellä mainittujen toimintojen suorittamiseen menee työntekijöiltä myös nykytilakartoituskyselyn perusteella enemmän aikaa kuin muihin taulukkoon listattuihin toimintoihin, mikä saattaa olla syynä niiden kustannuksien suuruuteen. Läpäisyajan nopeuttamiseksi tuleekin keskittyä erityisesti keräilyyn tehostamiseen.



Kuva 13. Nykytilakartoituskyselyn tuloksia, kysymys: Päivästä eniten aikaa vie...

Tarve nopeuttaa varaston toimintaa selviää varaston resurssien ja kuormituksen suhteesta. Kohdeyrityksen varastokapasiteettia mitataan resurssien käyttöaikana, sillä tilaukset voivat olla hyvin erilaisia ajallisesti. Yrityksen kapasiteetti muodostuu kahdeksan työntekijän työpanoksesta taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Kohdeyrityksen varastokapasiteetti

	Kapasiteetti päivässä	Kapasiteetti viikossa	Nettokapasiteetti päivässä	Netto-kapasiteetti viikossa
Kokoonpano	15 h	75 h	7,5–13,5 h	44,25–67,5 h
Varasto	45 h	225 h	22,5–40,5 h	112,5–202,5 h
Yhteensä	60 h	300 h	30–54 h	150–270 h

Varaston keräämiä ja lähettämiä tilausrivejä oli keskimäärin yhden vuoden aikana noin 183.300 kappaletta. Tilastokeskus laski vuonna 2005 yritysten henkilöstölle kertyvän keskimäärin 220–230 työpäivää vuodessa, riippuen lomien pituuksista ja jättäen huomioimatta sairauspoissaoloja (Tilastokeskus 2005). Tilastokeskuksen tutkimuksen perusteella tilausrivejä kertyy noin 814,65 kappaletta päivää kohden, kun työpäiviksi lasketaan 225 päivää vuodessa.

Taulukon 3 luvut osoittavat, kuinka monta tilausriviä työntekijät kykenevät keskimäärin toimittamaan. Päivässä yhden työntekijän kapasiteetti on lukujen perusteella noin 102 tilausriviä.

Taulukko 3. Tilausrivien määrä kohdeyrityksessä

	2010 elo – 2011 elo	2010	Keskimääräinen
Yhteensä tilausrivejä	182 245	184 351	183 298
Keskimäärin kuukaudessa	15 186,94	15 362,43	15 274,69
Keskimäärin päivässä	809,97	819,33	814,65
Keskimäärin päivässä per työntekijä	101,25	102,42	101,83

Laskennallisesti voidaan olettaa keskimääräisen varastokapasiteetin olevan koko varasto- ja kokoonpanohenkilökunnalta 210 tuntia viikossa eli 1687,5 tuntia vuodessa. Keskimääräinen varastokapasiteetti vuodessa on saatu käyttämällä tilastokeskuksen tutkimusta hyväksi, minkä mukaan vuodessa on keskimäärin 225 työpäivää. Kohdeyrityksessä tilausrivejä oli keskimäärin 183.298 kappaletta vuosittain, joten yksi varastotyöntekijä tekee noin 13,56 tilausriviä tunnissa.

Jotta tulevaisuudessa pystyttäisiin lisäämään varaston kapasiteettia kolmasosalla nykyisestä tasosta, tulee tilausrivien määrän kasvaa 245 rivillä päivätasolla eli yhteensä 1059 riviin päivässä. Edellä mainitun kasvun lisäys merkitsee 2,4 työntekijän työpanoksen lisäystä varastossa, mikä maksaa keskimäärin 2,4 kertaa 2494 euroa eli yhteensä 5988 euroa kuukaudessa ilman lakisääteisiä henkilöstösivukuluja. Vuositasolla henkilöstön lisäämisestä syntyvät kustannukset ovat yritykselle noin 71.856 euroa vuodessa, johon lisätään henkilöstösivukulut, jotka ovat noin 30 prosenttia palkasta (Työnantajan henkilöstösivukulut – Mitä työnantaja maksaa palkan päälle? 2011). Vuositasolla kertyvää henkilöstön lisäämisestä aiheutuvaa kustannusta voidaan verrata varastoautomaatin investointikustannuksiin.

#### 4.3 Varastotuotteiden määrittäminen

Tehokasta varaston layout-ehdotusta varten selvitetään, mitä tuotteita on kannattavaa varastoida. Kohdeyrityksen varastotuoteselvitys tehdään päivittämällä vanha ABC-analyysi emoyhtiön ohjeitten mukaiseksi. Emoyhtiön ABC-analyysissä

myyntitilausrivit ja niiden suhteellisen kysynnän keskiarvo määrittelevät mihin luokkaan tuote kuuluu ABC-analyysissä. ABC-luokittelu tehtiin tuotteiden myyntirivien perusteella ja XYZ-luokittelu kysynnänvaihtelun perusteella. Myyntirivien kokonaismäärä saatiin suoraan tuotehistoriataulukosta ja kysynnänvaihtelukerroin laskemalla tuotteen keskimääräisen kysynnänvaihtelun keskiarvo. Saatu luku kertoo, kuinka tasaisesti tuotetta tilataan eli kuinka helppoa sen kysyntä on ennustaa. Analyysiin otettiin mukaan vielä D- ja K-luokittelut, missä D-luokittelu tuo esiin ne tuotteet, joilla ei ole ollut lainkaan myyntitilausrivejä ja K-luokittelu tuotteet, joilla ei ole ollut lainkaan kysyntää elokuun 2010 ja elokuun 2011 välisenä aikana. Taulukossa 4 on kerrottu eri luokkiin kuuluvien tuotteiden ominaisuuksista.

Taulukko 4. ABC-analyysiluokkien ominaisuudet (Emoyhtiön ohjeistus 2011)

	X	Y	Z
<b>A</b>	Paljon tilauksia Säännöllinen kysyntä Helppo ennustaa	Paljon tilauksia Ailahteleva kysyntä Keskiverto ennustaa	Paljon tilauksia Epäsäännöllinen kysyntä Vaikea ennustaa
<b>B</b>	Jonkin verran tilauksia Säännöllinen kysyntä Helppo ennustaa	Jonkin verran tilauksia Ailahteleva kysyntä Keskiverto ennustaa	Jonkin verran tilauksia Epäsäännöllinen kysyntä Vaikea ennustaa
<b>C</b>	Vähän tilauksia Säännöllinen kysyntä Helppo ennustaa	Vähän tilauksia Ailahteleva kysyntä Keskiverto ennustaa	Vähän tilauksia Epäsäännöllinen kysyntä Vaikea ennustaa

ABC-analyysi luotiin Excelillä käyttäen hyväksi yrityksen tuotetietotaulukkoa. ABC-tuotteet saatiin selville laskemalla kokonaismyyntirivit eli myynti- ja kokoonpanorivit yhteen. Näistä laskettiin jokaiselle tuotteelle niiden prosentuaalinen osuus kaikkien kokonaismyyntirivien summasta, jonka jälkeen tuotteille voitiin laskea kumulatiivinen prosenttiosuus suodattamalla tuotteet Excelissä. Kumulatiivisesta prosenttiosuudesta päätettiin 80 prosenttia luokitella A-tuotteiksi, 10 prosenttia B-tuotteiksi ja 5 prosenttia C-tuotteiksi. Taulukosta "ABC-analyysin varastotuotteet" voidaan nähdä tuotteiden jakautuminen eri luokkiin. Taulukosta 5 selviää, mitkä tuotteet ovat

parhaita varastotuotteita sekä ne nimikkeet, joiden varastointi on kyseenalaista ja riippuu monista eri tekijöistä.

Taulukko 5. ABC-analyysin varastotuotteet

	X $\leq 0.5^*$ (Max 0.66)	Y $> 0.5 / \leq 1.0$ (Max 1.25)	Z $> 1.0^*$
<b>A</b> (70-85%) $\geq n$ myyntitilausrivi/kk	<div>- Varastoitavat tuotteet</div> <div>- Suuri menekki</div>		?
<b>B</b> (10-20%) $< n$ Myyntitilausrivi/kk		?	
<b>C</b> (5-10%) $< n$ Myyntitilausrivi/kk	?	<div>- Ei varastoitavat</div> <div>- Suuri kysynnän vaihtelu,</div> <div>- Rikotut pakkauskoot</div>	

Taulukosta 6 selviävät yrityksen optimaaliset varastotuotteet. Taulukko kertoo, kuinka paljon varaston tämänhetkisistä tuotteista kuuluu mihinkin luokkaan. Varasto sisältää taulukon mukaan kaikkein eniten ei-varastotuotteita luokista CZ ja BZ sekä hyvin vähän tasaisen menekki omaavia tuotteita. Selkeitä varastotuotteita ovat siis AX-, AY- ja BX-luokissa olevat tuotteet, joita on yhteensä 1523 eri nimikettä. Luokat CX, BY ja AZ sisältävät kyseenalaisia varastotuotteita, joita on yhteensä 656 nimikettä. Näiden tuotteiden varastointitarve voi riippua eri tekijöistä, joita ovat esimerkiksi pitkä toimitusaika tai erilliset tuotteen varastointisopimukset asiakkaiden kanssa.

Taulukko 6. Yrityksen ABC-analyysin tulokset

Lukumäärä / Total Value EUR	Sarakeotsikot						
Riviotsikot	K	X	Y	Z	(tyhjä)	Kaikki yhteensä	
A		438	1079	255	6	1778	
B		6	399	2693	29	3127	
C		2	1	4328	128	4459	
D	293					293	
(tyhjä)		4		27	93	124	
<b>Kaikki yhteensä</b>		<b>293</b>	<b>450</b>	<b>1479</b>	<b>7303</b>	<b>256</b>	<b>9781</b>

ABC-analyysissä tutkituille tuotteille lasketaan uusi tilauspiste, jonka avulla selvitetään, kuinka paljon näitä tuotteita tulisi varastoida sekä paljonko ne vievät säilytystilaa. Säilytystilan tarvetta verrataan varastoautomaattijärjestelmien tarjoamaan säilytystilaan sekä selvitetään, onko se potentiaalinen varastointiratkaisu näille tai ainakin osalle tuotteista.

#### 4.4 Tarvittavan varastotason määrittäminen

Kohdeyrityksen varastoitaville tuotteille määritellään maksimivarasto eli maksimimäärää tuotteita, jotka varastoon tulee mahtua samanaikaisesti. Maksimivarasto määritellään varmuusvaraston ja tilauspisteen sekä tilauseräkoon avulla yrityksen kaikille tuotteille.

Varmuusvarasto (tuotetietotaulukossa Safety 1Stock) lasketaan jakamalla 21 päivällä tuotteiden kysynnän keskipoikkeama syyskuun 2010 ja elokuun 2011 välisellä ajalla. 21 päivää lasketaan kuukaudessa kertyviksi työpäiviksi. Saatu luku kerrotaan tilausajan kysynnän vaihtelulla (Order Lead Time). Tämä kerrotaan funktiolla, joka on määrätty huomioimaan varmuusvarastossa tuotteen palveluaste hakemalla sille ehto taulukosta.

Varmuusvaraston määrittämisen jälkeen lasketaan kysynnän aritmeettinen keskiarvo (Arithmetical), keskiarvo (Excluded Max Peak) ja määrällinen keskiarvo (Quantil) ajalta syyskuu 2010–elokuu 2011. Keskiarvon (Excluded Max Peak) määrittämisessä suurimman kysynnän kuukausi jätetään pois. Määrällinen keskiarvo (Quantil) lasketaan prosenttipistefunktion avulla, joka huomioi 60 prosenttia kuukausittaisista myynneistä. Keskiarvojen ja varmuusvaraston perusteella lasketaan tuotteille tilauspisteet (Reorder Point).

ABC-analyysin X-luokan tuotteille lasketaan tilauspiste varmuusvaraston ja aritmeettisen keskiarvon perusteella sekä Y- ja Z-luokan tuotteille varmuusvaraston ja määrällisen keskiarvon avulla. Kohdeyrityksen varastotuotteiden tilauspisteitä määriteltäessä otetaan huomioon jokaiselle tuotteelle haluttu palvelutaso. Tuotteiden palvelutaso on määritelty kohdeyrityksen tuotetietotaulukossa, joka toimii pohjatietona insinööriyölle. Tilauspistettä määriteltäessä sen funktiolle asetetaan ehto hakea taulukon välilehdeltä

tuotteen tilauspisteelle sopiva palveluaste. Palveluaste määräytyy tässä tuotteen yksikköhinnan perusteella taulukon 7 mukaisesti.

Taulukko 7. Palveluasteen määrittäminen kohdeyrityksessä

Hinta-rajat	purchase frequency per year	Service Rate
0,0000001	0,15	0,95
0,15	1	0,9
1	2,5	0,8
2,5	10	0,7
10	999999	0,6

Yrityksen palveluaste (Service Rate) eri tuotteille määritellään suhteuttamalla niiden vuoden hankintatiheys (Purchase Frequency per Year) tuotteen yksikköhintaan. Mitä kalliimpi tuote on kyseessä, sitä pienempi on palveluaste. Tuotteen yksikköhinta (Cprice) lasketaan jakamalla ostohinta ostettavalla kappalemäärällä. Kalliiden tuotteiden varastointia vältetään, koska ne sitovat paljon pääomaa.

Optimitilaiserä koko kohdeyrityksen tuotteille Wilsonin kaavalla laskettaessa kasvaa lähes puolella aikaisemmin käytettyihin tilaiseräkokoihin. Sitä varten kohdeyrityksen varaston optimitilaiserän laskemiseen määritellään seuraava kaava, jossa 10 prosenttia kuvaa varastointikustannuksia nimikettä kohden (Parkkonen 2011).

$$\text{Optimitilaiserä (kpl)} = \sqrt{\frac{2 \times \text{Total Sales} \times \text{Tilaukustannukset}}{10\% \times \frac{\text{Purchase Price}}{\text{Purchase Unit Price}}}}$$

jossa Total Sales on tuotteen kokonaismyynti euroina aikajaksolla elokuu 2010–syyskuu 2011

tilaukustannukset on 20 euroa kappaleelta

Purchase Price on hankintahinta

Purchase Unit Price on pakkauskoko.

Optimitilaiserä on tällä kaavalla sitä pienempi, mitä suuremmat ovat varastointikustannukset sekä tuotteen hankintakustannus.



Optimitilauuseräkoon määrittämisen jälkeen ABC-analyysin luokille määritellään, kuinka monessa erässä tuotteita tilataan vuodessa varastoon taulukon 8 mukaisesti.

Taulukko 8. Tilaustiheys eri ABC-analyysin luokille

	X	Y	Z
A	26	12	4
B	12	4	
C	4		

Taulukon 8 mukaan AX-luokan tuotteita täydennetään joka toinen viikko eli 26 kertaa vuodessa, AY- ja BX-luokan tuotteita täydennetään kerran kuussa eli 12 kertaa vuodessa sekä AZ-, BY- ja CX-luokkien tuotteita täydennetään kolmen kuukauden välein eli yhteensä neljästi vuodessa.

Kohdeyrityksen tuotteille on ominaista kysynnän epätasaisuus. Tämä tuottaa ongelmia ennakoida varastointitarpeet eri tuotteille, jolloin ei voida minimoida varastoitavien tuotteiden määrää. Yrityksessä kysynnän vaihtelu riippuu pitkälti tuotteesta. Kokoonpanossa kysynnänvaihtelu on selkeästi kausiluontoista eli aikariippuvaista, sillä vuoden lopussa koonnoston menekki on viime vuosina ollut suurempaa kuin muina aikoina. Osa tuotteista on ”liiankin tasaisesti kysyttyjä”, millä tarkoitetaan, että kysyntää on myös loma-aikoina, jolloin yrityksen henkilökunta on vajanaista. Kesäisin ja osittain vuoden lopulla kysytyimmät tuotteet ovat suurimmaksi osaksi yrityksen pitkäikäisimpiä tuotteita, sillä asiakkaiden tehtaalle tehdään korjaustoita ja niiden kunnostukseen tilataan varaosia. (PK. 2011.)

Varaston nykytilan kartoittamiseksi yrityksen varastopaikat laskettiin manuaalisesti käyttäen Bin box -laatikkoa tilavuusyksikkönä. Tällä selvitetään, paljonko yrityksen varastossa on säilytystilaa. Bin box -laatikko on 40 cm leveä, 22 cm korkea ja 60 cm pitkä. Suurin osa yrityksen tuotteista on pakattu Bin boxeihin, joissa tuotteita on helppo varastoida ja käsitellä. Paikat vaihtelevat hyvin pienistä alle kahdeksasosa Bin boxin varastopaikoista suuriin Bin box -paikkoihin eli lavoihin, joihin mahtuu 16 Bin boxia. Paikat mitataan sekä tyyppitetään, eli jokaiselle erilaiselle hyllylle annetaan hyllyä kuvaava nimi.

Varastohyllypaikkojen mittauksen jälkeen paikat jaetaan seitsemään eri kokoluokkaan, jotta tarvittavien hyllypaikkojen analysointi olisi selkeämpää. Ulokehylly- ja koonnoskärrypaikkoja ei lasketa Bin box -yksiköinä, minkä vuoksi ne jätetään pois laskemasta. Taulukossa 9 ”kapasiteetti” esittää, kuinka paljon varastossa on oikeasti varastopaikkoja mittaushetkellä, ja ”tarve” esittää, kuinka paljon erikokoisia varastopaikkoja tarvitaan erilaisille tuotteille. Tuotteiden koot ovat yrityksen tuotetiedostosta. ”Erotus” esittää, kuinka paljon erikokoisia paikkoja on liikaa tai liian vähän mittaushetkellä suhteessa niiden tarpeeseen.

Taulukko 9. Varastokapasiteetti ja tarve nykyisellä varastolla 2011 kohdeyrityksessä

Bin box koko	<0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1,0-4,0	4,0-16	16<	YHT.
Nykyinen Kapasiteetti	917	799	2375	674	503	40	126	4826,47
Nykyinen paikkatarve	72	0	2	1	165	414	1680	2446
<b>Erotus</b>	<b>845</b>	<b>799</b>	<b>2373</b>	<b>673</b>	<b>338</b>	<b>-374</b>	<b>-1554</b>	<b>2380,47</b>

Paikat, jotka ovat pienempiä kuin 0,125 Bin boxia, ovat varaston A-hyllyvälin kaikkein pienimpiä vetolaatikkopaikkoja sekä pieniä A-, B- ja C-karusellipaikkoja. Kokoluokan 0,125–0,25 kokoiset Bin box -paikat ovat suuria A-hyllyvälin paikkoja sekä D-karusellin paikkoja. Suurin osa varastohyllyjen jaettuja paikkoja on koon 0,25–0,5 Bin box -paikat. Näitä varastossa on kaikkein eniten, mutta suhteessa niiden tarpeeseen niitä on selvästi liian paljon. Tästä hieman suuremmat varastopaikat 0,5–1 Bin boxia ovat suurimmaksi osaksi pieniä läpivirtaushyllyjä, kuten G-hyllyvälin hyllyt. Näissä tuotteet voidaan asettaa hyllylle läpivirtaushyllyn tavoin, mutta paikka on kuitenkin pienempi kuin yksi Bin box. Kokoluokan 1,0–4,0 Bin box -paikat ovat hieman suurempia läpivirtaushyllyjä, joihin mahtuu kokonaisia Bin box -laatikoita. Näitä varastossa on esimerkiksi K-hyllyvälissä. Paikat, jotka ovat kokoa 4,0–16 ovat varaston suurimpia läpivirtaushyllyjä, joita on esimerkiksi M-hyllyvälissä. Kaikkein suurimpia paikkoja ovat lavapaikat, jotka on merkitty taulukkoon 16< -symbolilla.

Taulukon 9 kapasiteetti saatiin mittaamalla jokainen varastopaikka manuaalisesti yrityksen varastotiloissa. Taulukon kuvaama varaston paikkatarve nähdään kohdeyrityksen tuotetietotaulukosta. Tarve kuvaa nykyistä maksimivarastoa, joka on saatu summaamalla nykyinen tilauspiste ja minimi tilausmäärä (Minimi Oder Quantity)

yhteen. Tämän jälkeen saatu luku jaetaan Bin boxien määrällä, mistä saadaan selville varastopaikkojen koon tarve.

Tuotteiden nykyisen paikkatarpeen määrittämisen jälkeen paikat jaetaan yhtä suuriin osiin kuin nykyisen kapasiteetin osoittamat varastopaikat. Yhdistämällä molemmat taulukot nähdään erikokoisten paikkojen tarve sekä se, kuinka hyvin nykyinen varastotaso pystyy vastaamaan tarvittavaan varastotasoon. Taulukon mukaan varastossa on lähes puolet käyttämättömiä paikkoja. Tulos on puutteellinen niiden tuotteiden osalta, joiden tiedot puuttuvat tuotetietotaulukosta. Määrä on kuitenkin marginaalinen, joten ne päätetään jättää huomioimatta.

Taulukossa 10 varaston paikkatarve on laskettu kertomalla se 1,30:llä eli lisäämällä tarvetta 30 prosenttia. Näin saadaan selville tuotteiden tarvitsemien varastopaikkojen koko tulevaisuudessa. Erotuksesta nähdään, mitä paikkoja on tarpeeseen nähden liikaa ja mitä liian vähän.

Taulukko 10. Varastopaikkakapasiteetti ja tulevaisuuden tarve kohdeyrityksessä

Bin box koko	<0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1,0-4,0	4,0-16	16<	YHT.
Nykyinen Kapasiteetti	917	799	2375	674	503	40	126	4826,47
Tulevaisuuden paikkatarve	123,36	103,11	211,24	334	1087,72	963,82	1241,72	4064,88
Erotus	793,64	695,89	2163,76	340	-584,72	-923,82	-1115,72	761,59

Taulukosta selviää, ettei varastopaikkoja tarvitse lisätä, vaikka paikkatarve kasvaisi kolmanneksella nykyisestä. Sen sijaan paikkojen kokoja on syytä muuttaa tarpeen mukaisiksi eli lisätä suuria läpivirtaushylly- sekä lavapaikkoja ja vähentää pieniä varastopaikkoja. Haastatteluiden mukaan lavapaikat ovat hankalia keräilyn kannalta, jos tilausrivejä on paljon, mutta ratkaisuna voidaan harkita lavapaikan ja läpivirtaushyllypaikan yhdistämistä tuotteelle. Tässä läpivirtaushyllyä täydennetään aina tarpeen vaatiessa lavapaikalta. Selvitystyö toteaa varastointijärjestelmän puutteelliseksi, koska nykyisiä varastopaikkoja on hankala muuttaa tarpeisiin sopiviksi, ilman tuotteiden historiatietojen menettämistä. (Järvinen 2011.)

## 4.5 Varastoautomaatin valinta ja vaikutukset varastointiin

### 4.5.1 Valinnan perustelut

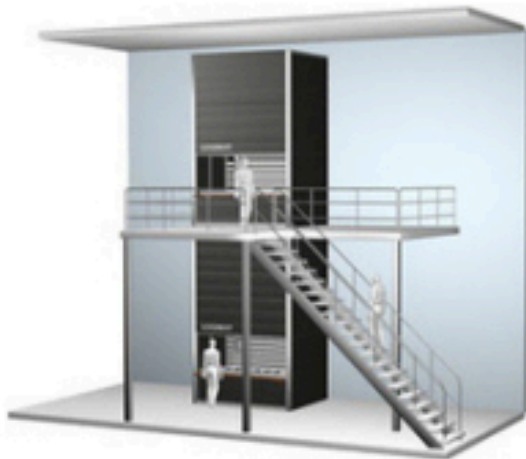
Asianmukaisen varastoautomaattiin pitää olla mahdollisimman joustava hyllypaikkojensa suhteen, koska yrityksen tuotteiden kysyntä on suurimmaksi osaksi hyvin vaihtelevaa. Hissiperiaatteella toimiva varastoautomaatti palvelee hyvin tätä tarkoitusta helposti muutettavien palettikorkeuksien ansioista. Tuotteet on tarkoitettu varastoida Bin box -laatikoissa toiminnan nopeuttamiseksi, mikä sulkee pois paternoster-vaihtoehdon. Paternosterin kiinteät paletit eivät mahdollista tuotteiden varastointia laatikoissa ilman niiden mekaanista vetämistä kokonaan ulos laitteesta. Hissiperiaatteella toimiva automaatti työntää sen sijaan paletit sekä laatikot keräilijän eteen automaattisesti, jolloin keräily on tehokasta toteuttaa palettiin nähden ylhäältä päin. Hissiautomaatti mahdollista erikokoisten tuotteiden varastoinnin sekä leveys- että korkeussuunnassa toisin kuin paternoster.

Paternoster voidaan mieltää luotettavammaksi koneeksi kuin hissiperusteinen varastoautomaatti, koska se on rakenteeltaan hieman yksinkertaisempaa tekniikkaa. Paternosterilla tuotteita voidaan hakea nopeammin kuin hissiperusteisella automaatilla, koska hissiperiaatteinen automaatti joutuu erikseen hakemaan paletin ja toimittamaan sen keräilyluukulle, kun paternosterin tarvitsee tehdä vain toinen näistä siirroista ja kiertää valittu paletti nopeinta reittiä keräilijälle. Hissikuilunsa vuoksi hissiperusteinen automaatti vie enemmän lattiapinta-alaa kuin paternoster.

Selvityksen perusteella yrityksen tarpeisiin sopii paremmin hissiperusteinen varastoautomaatti kuin paternoster, vaikka paternosterilla on paljon hyviä ominaisuuksia. Tärkeimpiä ominaisuuksia yrityksen varastoautomaatille on niiden paikkojen joustava muutettavuus sekä tehokas ja ergonominen keräily laitteesta, jotka toteutuvat hissiperiaatteisessa varastoautomaatissa paremmin kuin paternosterissa.

Laitevalmistajien haastatteluiden jälkeen varmentui, ettei lisäkeräilyaukoilla voida tehostaa kapasiteettia hissien sisällä vain yhtä keräilijää kerrallaan. Kuvassa 14 on kaksi keräilyaukkoa. Ne ovat tehokas ratkaisu tilanteessa, jossa lastaus tapahtuu esimerkiksi alemmassa kerroksessa, mutta itse keräilytyö ylemmässä kerroksessa. Tällaisessa tapauksessa varastoautomaatti voidaan lastata täyteen alimmalta kerrokselta ja purkaa ylemmältä, jolloin automaatti toimii myös hissinä säilytystilan lisäksi.

Haastatteluista selvisi lisäksi, ettei automaattiin välttämättä kannata sijoittaa yrityksen ABC-analyysin A-tuotteita, mikäli niillä on äärimmäisen paljon keräysrivejä. A-tuotteiden varastointi automaattiin saattaa muodostaa pullonkaulan, mikäli myyntitilausrivejä on valtavasti ja varastopaikkaa joudutaan siksi täydentämään alituisesti. Tämänkaltaisten tuotteiden varastointi kannattaakin sijoittaa esimerkiksi läpivirtaushyllyihin. (Parkkonen 2011.)



Kuva 14. Kahdella keräilyaukolla varustettu varastoautomaatti (Westerlund 2011)

Hissiperusteiseen varastoautomaattiin kannattaa sijoittaa tuotteita, jotka ovat kooltaan mahdollisimman pieniä ja erikokoisia. Riippuen valmistajasta yhdelle paletille voi kohdistaa enintään tuhannen kilon painon. Varastoautomaattiin varastoitavilla tuotteilla tulee olla paljon tilausrivejä, jotta keräilynopeus, jonka automaatti mahdollistaa, saadaan hyödynnettyä. Varastoautomaatin käyttö on optimaalista tuotteilla, joiden lastaaminen laitteeseen tapahtuu hyvin harvoin, mutta niiden keräily usein. Näin säästytään ylimääräisiltä täytöiltä ja säästetään aikaa usein tilattujen tuotteiden osalta, joita tilataan pieniä määriä kerrallaan.

Optimaalisten varastoautomaatit tuotteiden ominaisuuksia ovat

- kysynnän ennustettavuus
- pienet tuotteet
- paljon kysytyt tuotteet
- kysyntä muutama tuote tilausriviä kohden.

Kohdeyrityksen optimaalisia varastoautomaatit tuotteita ovat tuotteet, jotka ovat

- ABC-analyysin määrittelemiä suotuisia varastotuotteita

- mahdollisimman vähän säilytystilaa vieviä maksimivarastolla
- paljon tilausrivejä omaavia
- tilattavissa varastoon suurissa erissä ja harvoin.

#### 4.5.2 Vaikutukset tilankäyttöön

Varastoautomaatilla on tarkoitus säästää ennen kaikkea varastopinta-alaa varastoimalla tuotteet pystysuunnassa. Tämän vuoksi on tärkeää miettiä, soveltuuko automaatti yrityksen tiloihin ja kuinka se vaikuttaa tilankäyttöön. Esittelyissään Kasten-automaatit säästävät jopa 70 prosenttia lattiapinta-alasta hissiperusteisilla automaateilla. Tämä perustunee hyvin pitkälti kuitenkin siihen kuinka korkeaksi laite voidaan rakentaa.

Tarkasteltavaksi valittiin suurin aiemmista varastoautomaattitarjouksista saatu hissiperusteinen automaatti, jota kutsuttakoon tässä työssä nimellä ”hissiautomaatti X”. Kahden erillisen hissiautomaatin vaikutuksia tilankäyttöön vertailtiin erikseen sisällä ja ulkona. Tarjousten suurin hissiperusteinen automaatti on kooltaan 5426 mm korkea, 4455 mm pitkä ja 3000 mm syvä. Tähän mahtuu 31 palettia, joiden kuorman korkeus on 220 mm, leveys 4000 mm, syvyys 820 mm ja kantavuus 500 kiloa. Yhdelle paletille mahtuu näiden mittojen perusteella enintään 12 kokonaista Bin boxia, jolloin yhden hissiperusteisen automaatin kokonaiskapasiteetti on 372 Bin boxia ja kahden automaatin 744 Bin boxia. Määrä on yrityksen tämänhetkisistä varastopaikoista 15,4 prosenttia. Kyseisillä varastoautomaateilla voidaan korvata kokonaan esimerkiksi Q–U-hyllyt ja B–D-hyllyvälien hyllyt, jotka ovat karkeasti 23 prosenttia varastopinta-alasta.

Hissiperusteiset automaatit kannattaa sijoittaa sisätiloissa kaikkein korkeimpaan kohtaan varastoa, jotta niiden korkeus saadaan maksimoitua ja tila tehokkaasti käytettyä. Sisätiloissa varastoautomaatit sijoitetaan lähelle pakkauspisteitä, sillä ne sisältävät nopeasti kiertäviä tuotteita. Automaatit vievät lattia pinta-alasta yhteensä 27 neliometriä, joka on noin 4 prosenttia koko varaston pinta-alasta. Nykyisellä varastokalustolla neljän prosentin kokoiselle alueelle yrityksen varaston pinta-alasta saa tällä hetkellä varastoitua enintään 392 Bin boxia ottaen huomioon käytävät, mikä on noin kahdeksan prosenttia koko tämänhetkisestä varaston säilytystilasta ja kapasiteetista.

Tapauksessa, jossa hissiperusteiset automaattit sijoitetaan ulos, ne voivat olla korkeudeltaan jopa 30 metrisiä. Tämä saattaa hidastaa prosessia, sillä tavaran tuominen 30 metristä on oletettavasti hitaampaa kuin tuotteen hakeminen hyllystä. Mikäli hissiautomaattit sijoitetaan ulos, niiden ideaalinen korkeus tässä tapauksessa voi olla kaksi kertaa varastoautomaatin korkeus sisällä eli hieman alle 11 metriä. Näin ollen hissiperusteisten automaattien kapasiteetti on kaksinkertainen eli 1488 Bin boxia ulkona. Tämä on karkeasti kolmasosa yrityksen tämänhetkisestä varastokapasiteetista ja riittäisi näin ollen vastaamaan tavoitteeseen kolminkertaistaa varastotaso. Ratkaisu ei vie varastotilaa lainkaan vaan lisää sitä 30 prosenttia.

#### 4.5.3 Vaikutukset varastotoimintoihin

Hissiperiaatteen automaatin toinen tarkoitus on tehostaa varastotoimintoja nopeuttamalla toimintaa sekä vähentämällä virheitä. Nopeus perustuu periaatteeseen, jossa automaatti tuo tuotteen keräilyjälle, eikä aikaa kulu tuotteen hakemiseen varastosta. Virheettömyys perustuu tuotteen automaattiseen osoittamiseen vastaanottajalle, jolloin tuotetta ei voi kerätä väärin. Virhe pääsee tapahtumaan yleensä vasta pakkausvaiheessa (Kasten 2011). Varastoautomaattien keräilynopeuden kerrotaan ylettyvän jopa 200–250 keräilyriviin tunnissa, kun niitä ohjataan varastonhallintajärjestelmällä (Udikas). Tämän luvun perusteella oletetaan varastoautomaatin nopeuden olevan vähintään 100 tilausriviä tunnissa kohdeyrityksen tuotteilla. Kaksi erillistä hissiperusteista varastoautomaattia nopeuttaa keräilyä noin 30 prosenttia, kun tilausrivejä oletetaan tulevaisuudessa olevan 1059 kappaletta päivässä ja kaksi automaattia kerää yhteensä 200 tilausriviä tunnissa. Näin ollen kaksi varastoautomaattia kerää koko päivän tilausrivit viidessä tunnissa seitsemän ja puolen tunnin sijaan, huomioimatta varaston muuta kapasiteettia, joka on 814 tilausriviä päivässä. Työergonomia paranee automaatin myötä, sillä tuotteet kerätään työntekijälle sopivalta korkeudelta. Muun muassa Schäfer tekee hissiperusteisia automaatteja, joissa palettia voidaan vielä nostaa niin, että keräily on entistä ergonomisempaa eikä viimeisiin laatikoihin tai paikkoihin tarvitse kurottua.

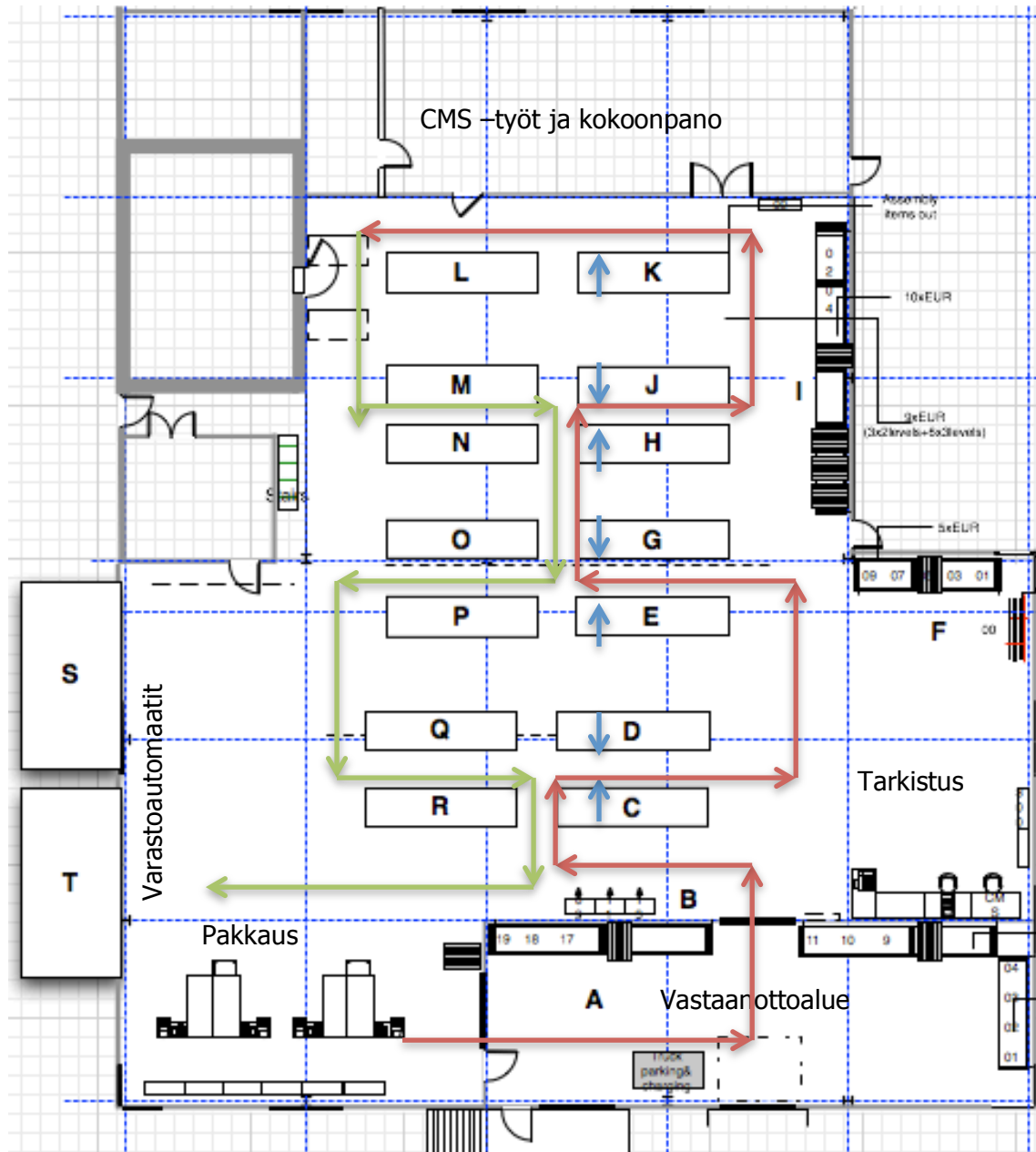
Kohdeyritykselle laadittujen varastoautomaattitarjousten perusteella sellaisten automaattien keskihinta oli vuonna 2009 noin 45 000 euroa kappale, jotka olivat noin 5 metriä korkeita ja tarkoitettu sisätiloihin. Varastoautomaattit on mahdollista myydä

eteenpäin tarpeiden muuttuessa, koska niitä ei tarvitse kiinnittää varastotiloihin raskain menetelmin. Käytettyjä automaatteja löytyi toistaiseksi vain muutamia, jotka kohdeyrityksen tarpeisiin nähden olivat liian korkeita. Nämä olivat Megamat-nimisiä vuoden 2004 ja 2005 Kardex-automaatteja.



## 5 Projektin tulokset ja suositukset

Selvityksen perusteella tehokkain ratkaisu täyttää yrityksen varastointitarpeet on hankkia kaksi 11-metristä varastoautomaattia sijoittamalla ne varaston ulkopuolelle sekä vaihtamalla pienet hyllystöt läpivirtaushyllyihin, jolloin varasto-layout näyttää ylhäältä päin kuvan 15 mukaiselta.



Kuva 15. Uusi varaston layout

Layout-ratkaisussa trukeilla on riittävästi tilaa liikkua jokaisessa täyttövälissä keräilijöiden liikkeessä keräilijöille varatuilla, pienemmillä käytävillä. Kokoonpano- ja

varastoalueen välinen käytävä on turvallisuussyistä keräilykäytävä. Näin ennakoidaan, ettei kokoonpanon ovista kuljettaessa satu yhteen törmäyksiä trukin kanssa. Trukeilla liikkuminen on ergonomista, ja suuret käytävät helpottavat niillä työskentelyä sekä nopeuttavat layoutratkaisussa tuotteiden purkamista.

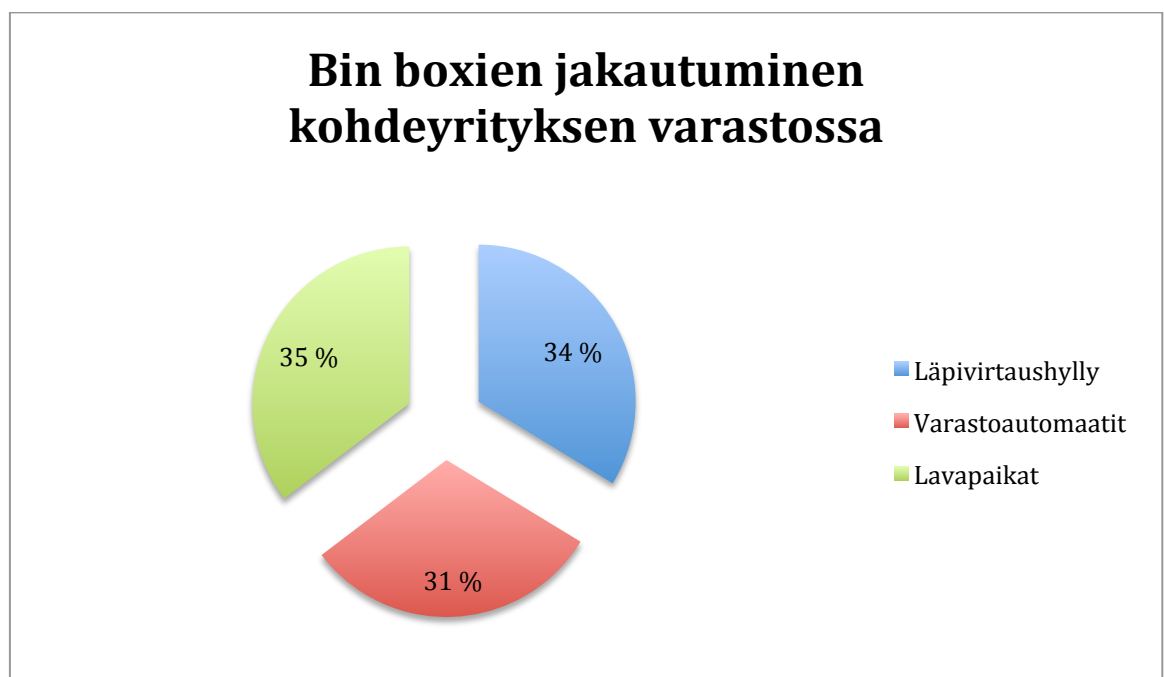
Pakkauspisteet on siirretty lähemmäksi toista lastausovea, jolloin materiaa livirrat pääsevät kiertämään varastossa muodostaen U-mallisen materiaa livirran. U-mallisella materiaa livirralla toiminta voidaan jakaa varastoalueelle tasaisesti, jolloin vältetään useiden materiaa livirtojen kohtaaminen samalla alueella. Tuotteille on vastaanoton välittömässä läheisyydessä tarkistuspaikka, johon kaikki vastaanotetut tuotteet voidaan keskitetysti sijoittaa. Tuotteiden keskitetty sijoitus mahdollistaa trukeilla liikkumisen koko varastossa. CMS-työt on siirretty layout-ehdotuksessa kokoonpanon puolelle, mikä säästää tilaa varastossa. Lavapaikkojen tarpeen lisääntyessä voidaan lavoja säilöä myös läpivirtaushyllyjen päälle, mikä tekee ratkaisusta joustavan.

Kaksi hissiperiaatteella toimivaa automaattia sijoitetaan layout-ratkaisussa yrityksen etupihalle, varaston vasemmalle seinustalle lähelle pakkauspisteitä. Näin nopeasti kiertävät ja paljon tilausrivejä omaavat tuotteet ovat nopeasti saatavilla pakkauspisteiden vieressä. Läpivirtaushyllyt on nimetty loogisesti, niin että ne muodostavat järkevä n reitin. Keräilijä aloittaa toiminnan aina toisesta päästä silmukkaa ja jatkaa siitä loogisesti aina seuraavaan, kunnes lopulta päätty lähtöpisteeseen eli pakkausalueelle.

Varastoautomaatit maksimoivat tilan käytön yrityksen varastossa tapauksessa, jossa ne sijoitetaan kokonaan varaston ulkopuolelle. Näin ollen tilaa säästyy itse varastosta ja automaatit voidaan rakentaa niin korkeiksi kuin on tarve. Kaksi 11-metristä varastoautomaattia suurentavat varastotasoa kolmasosalla, joka vastaa työn tavoitteita. Kahteen 11-metriseen varastoautomaattiin mahtuu varastoautomaatti X:n mitoilla 1488 Bin boxia. Ongelmana voi olla lupien saaminen automaattien rakentamiselle varaston ulkopuolelle.

Varastoautomaattiin parhaiten soveltuvat tuotteet selviävät todennäköisesti vasta niitä käytettäessä. Yhtenä esimerkkinä voidaan kahteen suureen varastoautomaattiin varastoida tuotteet, joiden tarvitsema maksimisäilytystila 30 lisäprosentin tarpeella on viisi Bin boxia tai sen alle. Yrityksen kaikkien tuotteiden vaatima maksimivarastotaso

30 lisäprosentin tarpeella on 4065 Bin boxia. Layout-ratkaisussa lavapaikkoihin mahtuu 1700 Bin boxia ja suuriin varastoautomaatteihin 1488 Bin boxia. Näin ollen läpivirtaushyllyihin tulee mahtua 1621 Bin boxia, mikä käsittää 13,5 kappaletta kohdeyrityksen varaston M-läpivirtaushyllyä. Layout-ratkaisussa hyllyt C–R kuvaavat mitoiltaan aikaisemman varaston M-läpivirtaushyllyjä. Layout-ratkaisussa näitä on yhdistetty aina kaksi vierekkäin, ja ne on käännetty 90 astetta edellisestä. Tällöin yrityksen varastoon tulee seitsemän riviä läpivirtaushyllyjä, joihin on yhdistetty aina kaksi edellisen pohjapiirroksen M-läpivirtaushyllyä. Tällä kalustolla varmistetaan tuotteiden varastointi sekä varmistetaan varaston joustavuus läpivirtaushyllyjen päälle laitettavilla lavoilla, joihin yrityksen varastossa mahtuu layoutehdotuksessa 156 Bin boxia. Lisäksi lattia- ja liikkumapinta-alaa mahdollisille lisähyllyille on tarvittaessa paljon. Kuvassa 16 on kuvattu yrityksen varastotuotteiden jakautuminen eri varastointipaikoille.



Kuva 16. Bin boxien jakautuminen varastossa

## 6 Yhteenveto

Projektin toteuttaminen ja varastoon tutustuminen alkoi työskentelyjaksolla kohdeyrityksen varastossa. Työskentelyjakson aikana saatiin käsitys varaston kokoavista osista, joita olivat itse fyysinen varasto ja sen kalusto, työntekijät sekä varastossa liikkuvat materiaali- ja informaatiovirrat. Tällä pyrittiin löytämään ja havainnollistamaan käytännön ongelmat sekä tavat ja ajankäyttö eri toimintojen yhteydessä.

Tehokkaan layout-ehdotuksen löytämiseksi yritykselle tehtiin varaston nykytilakartoitus. Nykytilakartoitus tehtiin osittain Webropol-nimisellä kysely- ja analysointityökalulla koko yrityksen henkilökunnalle. Kyselyn tarkoitus oli selvittää henkilökunnan näkemystä siitä, kuinka varasto oikeasti toimii sekä mitä puutteita ja kehitystä vaativia seikkoja varastoinnissa on ilmennyt.

ABC-analyysi päivitettiin emoyhtiön ohjeiden mukaiseksi tilausrivien ja kysynnänhajonnan perusteella. Näin selvitettiin mitkä ovat kannattavia varastotuotteita ja mihin ne tulisi sijoittaa uudessa varasto layoutissa fyysisesti. ABC-analyysillä saatiin myös osviittaa siihen, mitä tuotteita kannattaa sijoittaa mahdolliseen varastoautomaattiin sekä minkälainen automaatti tulisi tarvittaessa valita.

ABC-analyysistä saaduille tuotteille määriteltiin palveluaste tuotteen hinnan perusteella, josta määräytyi yhdessä tilausajan kysynnän vaihtelun kanssa varmuusvarastot jokaiselle tuotteelle. Varmuusvaraston yläraja on tuotteen tilauspiste, joka aiheuttaa ehdotuksen tuotteen täydentämisestä varastoon suhteellisen eräkoon verran. Varmuusvarasto ja suhteellinen eräkoossa määrittelevät yhdessä kohdeyrityksen maksimivaraston. Uudessa layout-suunnitelmassa tulee olla riittävästi tilaa koko kohdeyrityksen maksimivarastolle, jotta tuotteet voidaan tarvittaessa kaikki samanaikaisesti varastoida.

Varastotaso mitattiin manuaalisesti varastopaikka kerrallaan, minkä jälkeen varastopaikkojen kokoa verrattiin varastotuotteiden vaatimiin säilytyspaikkoihin sekä kolmanneksella kasvatettavan maksimivaraston vaatimiin varastopaikkakokoihin. Tästä saatiin selville minkäkokoisia paikkoja nykyisille tuotteille tarvitaan ottaen

huomioon tuotteiden määrän lisääntyminen kolmanneksella. Näiden perusteella voitiin tehdä ehdotus tarvittavista varastohyllyistä.

Varaston tehostamista tutkittiin lopuksi vielä varastokustannusten muodostumisen perusteella. Tässä selvitettiin, mistä kustannukset pääosin muodostuvat yrityksen varastossa sekä pyrittiin näin ollen varmistamaan kustannustehokkaiden ratkaisujen toteutuminen myös projektissa.

Varaston nykytilakartoituksen jälkeen tutkittiin potentiaalisten varastoautomaatio-ratkaisujen soveltuvuutta yrityksen tuotteille ja tuotemäärille sekä vaikutuksia varastointiin. Näistä kerättiin tietoa muun muassa laitevalmistajilta, laitteiden maahantuojayrityksiltä sekä Tampereen logistiikkamessuilta. Saatujen tietojen perusteella tehtiin ehdotus potentiaalisesta varastoautomaatista sekä siihen soveltuvista tuotteista. Viimeisenä luotiin itse layout-ehdotus, joka sisältää ehdotuksen varastoon sijoitettavasta varastokalustosta sekä varastoautomaatista.

Projektin parissa työskentely oli hyvin tiivistä, ja sen työstämiselle oli varattu hyvin aikaa. Työntekoa motivoi kohdeyrityksen tarjoama työympäristö ja puitteet sekä itse työn aihe. Ongelmia tuotti aluksi työn rajaaminen, minkä vuoksi se oli vaarassa laajentua liian suureksi suhteessa työlle varattuun aikaan.

Projektin aikana opittiin hyödyntämään entistä paremmin MS Excel- ja Word-toimintoja sekä sen myötä luotiin paljon uusia suhteita yritysmaailmaan. Projektin lopputuloksena saatu layout-ratkaisu ei ole ainoa hyödynnettävissä oleva osa projektia, vaan koko nykytilakartoitus toimii hyvänä lähtökohtana suunniteltaessa vielä syvällisemmin varastoautomaatti-investointia tai varaston kehittämistä jollain muulla keinolla.

Selvitys osoitti, että tehokas varastotoiminta ja optimaalinen varastotaso asianmukaisissa varastotiloissa pitää varastoinnista aiheutuvat kustannukset liiketoiminnan kannalta pieninä sekä turvaa ja tukee osaltaan liiketoiminnan jatkuvuutta.

## Lähteet

- Euromatelli. 2011. SSI Schäfer osti Handler A/S:n. Verkkodokumentti  
<<http://www.logistia-instituutti.fi/en/content/research/materiaalinkasittelyjarjestelmat-suomessa-ja-maailmalla>> Luettu 6.11.2011
- Harju, Timo. 2011. Automaatio- ja systeemitekniikka toimialana. Aalto-yliopisto, Espoo. Luentomateriaali.
- Haverila, Matti J. ym. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.
- Hissiperiaatteinen automaatti ja paternoster. 2011. Verkkodokumentti.  
<[http://www.rpthaku.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index\\_14.html](http://www.rpthaku.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index_14.html)> Luettu 11.10.2011.
- Hokkanen, S, Karhunen, J, Luukkainen, M. 2002. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Kopijyvä Oy.
- Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä: Kopiojyvä Oy.
- Hyppönen, R. Aminoff, A. & Kettunen, O. 2004. Varastoteknologiat ja niiden hyödyntäminen, Liikenne- ja viestintäministeriö. Espoo.
- Hytönen, Seppo 2001 Logistiikka, SH Logistiikka PDF. Verkkodokumentti.  
<<http://palkka.blogspot.com/2011/03/tyonantajan-henkilösivukulut-mita.html>> Luettu 1.11.2011.
- Inkinen, Markku. 2010. Varasto- ja automaatiotekniikka, Materiaalin käsittely, siirto ja varastointi, Vantaa. Luentomateriaali.
- Karrus, Kaij E. 2003. Logistiikka. Juva: WSOY.
- Kauppinen, A. 2010. Kohdeyrityksen yleiskuvaus. Vantaa 1.11.2010.
- Kinkki, S. Lehtisalo, A. 2004. Yritystietous. Helsinki: WSOY
- KP. 2011 Kohdeyritys. Vantaa. Haastattelu 23.9.2011.
- Lehtonen, Juha-Matti. 2004. Tuotantotalous. Vantaa: WSOY.
- Logistiikka – Varastointi. 2011. Verkkodokumentti. Yritys-suomi.  
<<http://www.yrityssuomi.fi/web/guest/logistiikka>> Luettu 4.11.2011.
- Martin, Christopher. 2011. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson Education.
- Nupponen, Sakari. 2010. Taloussanomat. 1000 ammatin palkat – katso pärjäätkö vertailussa. Verkkodokumentti. Luettu 15.9.2011.  
<<http://www.taloussanomat.fi/tyomarkkinat/2010/06/18/1000-ammatin-palkat--katso-parjaatko-vertailussa/20108646/12>>
- Parkkonen, Marko. 2011. Maajohtaja, SSI Schäfer, Vantaa. Haastattelu. 24.10.2011.

Peltoniemi, P. 2002. Kohde yrityksen varastopaikkakartta. Visio-piirros.

PS. 2011. Business Unit Manager. Kohdeyritys, Vantaa. Haastattelu 6.9.2011.

Rantala, Jarkko. 2011. Globaalin logistiikan toimintaympäristö muutoksessa. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Verkkodokumentti  
<[http://logistiikkamessut.fi/liitetiedostot/editori\\_materiaali/1778.pdf](http://logistiikkamessut.fi/liitetiedostot/editori_materiaali/1778.pdf)> Luettu 16.11.2011.

Ritvanen, V, Inkiläinen A, von Bell. A ja Santala J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Sakki, Jouni. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta, logistinen b to b -prosessi. Espoo: Hakapaino Oy

Sakki, Jouni. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta, B2B – Vähemmällä enemmän. Helsinki: Hakapaino Oy

Tanskanen, Juha. 2011. Projektimyyjä, Intolog, Tampere. Haastattelu 12.10.2011.

Tiessalo, Paula. 2010. YLE uutiset. Päivitetty 16.4.2010  
<[http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/04/kaupan\\_lakko\\_saa\\_hamstraajat\\_liikkeelle\\_1606276.html](http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/04/kaupan_lakko_saa_hamstraajat_liikkeelle_1606276.html)> Luettu 12.11.2011.

Tilastokeskus. 2005. Yritysten henkilöstökoulutustutkimus. Verkkodokumentti.  
<<http://www.stat.fi/keruu/cvtsk/ohje2.pdf>>

Udikas, Mats. 2011. Kaksi varastoautomaattia, jotka täydentävät toisiaan. Luettu 10.10.2011.

Varastoista aiheutuvat kustannukset. 2011. Verkkodokumentti. Suomen kuljetusopas.  
<<http://www.kuljetusopas.com/varastointi/kustannukset/>>. Luettu 5.9.2011.

Westerlund Tom, 2011. Myyjä, Weland lagersystems AB, Helsinki. Sähköpostihaastattelu 17.10.2011.